ciment Portland. — Essais de traction.

AVEIRO			PENICHE						LISBOA			FARO et V. R. DE ST. ANTÓNIO					
Ciment Liz			Ciment Secil			Ciment Liz			Ciment Liz			Ciment Secil			Ciment Tejo		
Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés
32,4	1,86	24	30,4	2,33	47	30,0	6,58	51	29,0	2,2	226	35,8	3,5	12	34,1	1,6	3
34,5	2,06	23	32,2	3,42	47	31,5	6,26	50	30,2	2,2	226	37,3	2,9	12	36,9	1,8	3
33,3	2,20	24	32,2	2,81	47	30,0	2,86	46	29,8	1,9	206	37,4	2,1	12	35,9	1,7	3
36,3	2,16	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39,4	2,18	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44,9	3,24	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ciment Portland. — Essais de compression.

AVEIRO			PENICHE						LISBOA			FARO et V. R. DE ST. ANTÓNIO					
Ciment Liz			Ciment Secil			Ciment Liz			Ciment Liz			Ciment Secil			Ciment Tejo		
Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons essayés
370	47,5	24	395	72,0	47	350	35,7	49	344	29,6	226	469	73,9	12	415	10,1	3
423	53,6	23	444	67,9	47	390	41,0	50	389	27,6	226	549	71,4	12	465	13,4	3
456	51,9	23	469	63,6	47	420	34,6	46	418	30,1	206	572	67,7	12	490	23,1	3
478	49,8	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
499	54,8	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
507	51,2	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

TABLEAU I. Composition chimique du ciment Portland, en pourcentage.

Ports	Marques des ciments	Nombre d'échantillons analisés (1)	CaO		SiO^2		Al^2O^3		Fe^2O^3		MgO		SO^3		Perte au feu	
			Moyenne	Ecart moyen (2)	Moyenne	Ecart moyen	Moyenne	Ecart moyen	Moyenne	Ecart moyen	Moyenne	Ecart moyen	Moyenne	Ecart moyen	Moyenne	Ecart moyen
Viana do Castelo	Secil	2	—	—	—	—	5,73	0,13	—	—	1,87	0,03	—	—	1,60	0,00
	Tejo	5	—	—	—	—	5,68	0,31	—	—	1,90	0,40	—	—	1,60	0,24
Póvoa de Varzim	Liz	34	64,08	0,72	20,56	0,74	6,59	0,60	3,03	0,19	1,99	0,40	1,63	0,42	2,12	0,94
Leixões	Liz	263	64,45	1,12	20,98	0,70	6,34	1,17	3,46	0,39	1,61	0,55	1,60	0,50	1,56	0,54
Aveiro.	Liz	14	64,52	0,60	21,30	0,15	6,48	0,23	3,05	0,12	2,00	0,10	1,50	0,20	1,15	0,42
Peniche	Secil	47	64,35	0,74	20,95	0,72	6,04	0,61	2,92	0,19	1,67	0,42	1,65	0,42	2,42	0,93
	Liz	15	64,77	0,38	20,94	0,33	6,48	0,38	2,67	0,27	2,05	0,12	1,16	0,15	1,93	0,71
Lisboa.	Liz	259	65,20	0,34	20,76	0,50	6,70	0,32	3,05	0,08	2,09	0,12	1,38	0,31	0,75	0,26
Faro et V. R. de St. António. .	Secil	12	—	—	—	—	6,06	0,11	—	—	2,03	0,08	1,54	0,06	—	—
	Tejo	3	—	—	—	—	5,70	0,83	—	—	1,43	0,92	1,48	0,46	—	—

(1) Ce nombre se rapporte à des essais réalisés à différentes époques. Chaque essai a été effectué sur plusieurs éprouvettes.

(2) Moyenne arithmétique du module de l'écart par rapport à la valeur moyenne.

TABLEAU IV. Résistance à la compression de cubes de béton du port de Viana do Castelo.

Age	300 kg/m³			350 kg/m³		
	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons
7 jours . . .	176	31,6	3	247	29,8	15
28 jours . . .	302	14,4	3	308	42,2	15
84 jours . . .	263	33,0	3	350	63,7	12
1 an	—	—	—	250	18,0	3

TABLEAU V. Résistance à la compression de cubes de béton du port de Póvoa de Varzim.

Age	250 kg/m³			350 kg/m³			450 kg/m³		
	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons
7 jours . . .	275	54,4	39	303	70,7	20	336	56,5	12
28 jours . . .	320	76,9	36	367	53,5	18	397	56,1	15
84 jours . . .	355	72,6	36	405	66,5	18	415	63,5	15
1 an	—	—	—	—	—	—	445	76,5	12
3 ans. . . .	—	—	—	—	—	—	444	77,1	6

TABLEAU VI. Résistance à la compression de cubes de béton du port de Leixões.

Age	Dock									Môle		
	150 kg/m³			300 kg/m³			350 kg/m³			300 kg/m³		
	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg cm²)	Nombre d'échantillons	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg cm²)	Nombre d'échantillons
7 jours	110	32,5	35	250	62,6	117	290	62,0	33	250	51,6	159
28 jours	190	51,5	36	320	77,9	102	350	82,0	27	300	61,2	156
84 jours	215	68,5	30	360	86,2	108	390	78,5	27	340	63,7	150
6 mois	—	—	—	—	—	—	—	—	—	454	49,8	6
1 an	—	—	—	—	—	—	—	—	—	411	20,3	3
3 ans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	394	32,4	9

TABLEAU VII. Résistance à la compression de cubes de béton du port de Aveiro.

Age	225 kg/m³			275 kg/m³			300 kg/m³		
	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombro d'échantillons	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg cm²)	Nombre d'échantillons	Moyenne (kg cm²)	Ecart moyen (kg cm²)	Nombre d'échantillons
7 jours	285	26,4	60	310	43,9	36	320	31,8	44
28 jours	345	34,8	60	360	33,5	37	375	30,5	44
84 jours	375	53,4	52	405	38,4	37	420	37,6	42
6 mois	—	—	—	483	26,7	6	—	—	—
1 an	436	33,3	12	446	39,9	12	482	61,5	14
2 ans	412	29,7	10	472	60,6	13	490	87,6	12
5 ans	489	11,6	3	528	2,1	2	501	34,0	2

TABLEAU VIII. Résistance à la compression de cubes de béton du port de Peniche

Age	300 kg/m³		
	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons
7 jours	355	78,9	102
28 jours	380	70,0	87
84 jours	395	76,9	75
1 an	348	61,6	6

TABLEAU IX. Resistance à la compression de cubes de beton du port de Lisboa.

Age	300 kg/m³			350 kg/m³		
	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons
7 jours	272	37,5	83	246	31,6	46
28 jours	320	43,6	105	307	48,4	48
84 jours	347	42,5	105	365	56,6	46
6 mois	383	45,4	92	375	66,6	25
1 an	397	37,9	85	385	55,1	18
2 ans	420	40,3	75	388	50,3	17
3 ans	418	27,8	18	—	—	—
4 ans	455	45,9	3	—	—	—
5 ans	409	23,4	3	—	—	—

TABLEAU X. Resistance à la compression de cubes de beton des ports de Faro et V. R. de St. António.

Age	188 kg/m³			350 kg/m³			400 kg/m³		
	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg/cm²)	Nombre d'échantillons	Moyenne (kg/cm²)	Ecart moyen (kg cm²)	Nombre d'échantillons
7 jours	311	30,4	3	308	65,4	27	360	56,5	30
28 jours	—	—	—	385	51,4	20	436	56,9	31
84 jours	—	—	—	438	60,9	27	477	72,6	29
6 mois	—	—	—	368	32,5	3	—	—	—
1 an	384	14,9	3	492	67,5	18	541	81,2	15
3 ans	399	27,7	3	452	120,0	15	551	122,5	12
5 ans	453	14,7	3	508	88,4	15	542	179,0	12
10 ans	—	—	—	501	101,0	9	576	127,0	9

Determinação gráfica das acções moleculares nos problemas de elasticidade a duas dimensões

PELO DR. FERNANDO DIAS AGUDO

Licenciado em Ciências Matemáticas

(Do Curso de Engenharia Civil)

C. D. 539.31

1. O papel de relevo desempenhado pela Geometria nos vários ramos da Engenharia é incontestàvelmente afirmado pela frequência com que o engenheiro recorre aos métodos gráficos, na resolução de grande número dos seus problemas. Mais simples quase sempre, muitas vezes mesmo os únicos de que podemos lançar mão, eles têm a grande virtude de permitir, a cada momento, uma mais fácil interpretação e crítica dos resultados que se vão obtendo.

No presente artigo mostra-se como as propriedades da elipse podem conduzir à determinação gráfica das tensões nos problemas de elasticidade dupla, não se pretendendo significar (evidentemente!) que o método apresentado seja mais cómodo que o clássico método de Mohr.

Conseguimos, no entanto, ir um pouco mais longe, apresentando uma construção para determinar as tensões principais, quando conhecidas as tensões segundo 3 direcções quaisquer.

E embora soubéssemos posteriormente que existem hoje métodos muito expeditos para a resolução do problema — ábacos e máquinas de calcular especialmente destinadas a problemas do género — acedemos ao pedido para a publicação deste trabalho, sabendo de antemão que o seu maior interesse é constituir estudo pessoal de um aluno de Resistência de Materiais.

2. Sejam Mx e My dois eixos coordenados rectangulares, orientados segundo as direcções isostáticas de um sólido em equilíbrio, e designemos por $\vec{N}_1$ e $\vec{N}_2$ as acções moleculares principais (normais, respectivamente, a My e Mx, e actuando no plano de simetria Mxy do sólido considerado).

Seja [MAB] a secção recta, no plano Mxy, de um prisma elementar do sólido e $\vec{Q}$ a acção molecular unitária na face AB, infinitamente próxima de M.

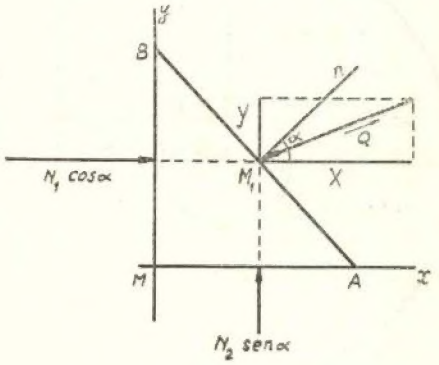


Fig. 1

Definindo a posição de AB pela sua normal, individualizada por sua vez pelo ângulo α que faz com Mx, e tomando $\overline{AB} = 1$, teremos

$$\overline{MA} = \text{sen}\ \alpha\ , \qquad \overline{MB} = \cos\ \alpha$$

Fazendo tender M_1 para M [v. Fig. 1] e notando que a força de massa é um infitamento pequeno de ordem superior às acções moleculares, o equilíbrio do prisma elemen-

tar exige que se equilibrem as 3 forças $\overrightarrow{N_1 \cos \alpha}$, $\overrightarrow{N_2 \operatorname{sen} \alpha}$ e $\vec{Q}$ e portanto

$$X = N_1 \cos \alpha \qquad Y = N_2 \operatorname{sen} \alpha \qquad (1)$$

onde X e Y são as componentes de $\vec{Q}$ segundo as direcções isotáticas.

As equações (1) permitem-nos concluir que o vector representativo das acções moleculares em torno de um ponto M descreve uma elipse de centro no ponto e de semi-eixos N_1 e N_2 (elipse de Lamé).

É esta conhecida propriedade que vamos aproveitar para a determinação gráfica dos esforços numa direcção qualquer.

3. Tomemos os dois eixos rectangulares Mx e My anteriormente considerados e, com centro em M, tracemos os círculos $[C_1]$ e $[C_2]$, de raios $|N_1|$ e $|N_2|$ respectivamente (Fig. 2).

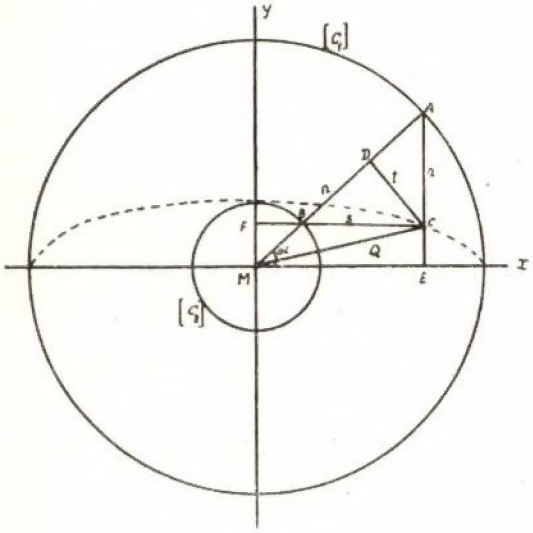


Fig. 2

O raio MA, que faz com Mx o ângulo α, encontra $[C_1]$ em A e $[C_2]$ em B. As rectas $r \begin{cases} \text{—·—} A \\ \perp Mx \end{cases}$ e $s \begin{cases} \text{—··—} B \\ \perp My \end{cases}$ determinam o ponto C que, unido com M, nos define o vector representativo da tensão unitária $\vec{Q}$ na face normal à direcção MA.

A perpendicular baixada de C sobre MA permite-nos obter o ponto D e $n = \overline{MD}$, $t = \overline{DC}$ serão as componentes normal e tangencial da tensão $\vec{Q}$.

Vemos ainda que os segmentos $\overline{ME}$ e $\overline{MF}$ nos dão as componentes de $\vec{Q}$ segundo as direcções isostáticas. E tendo presentes as expressões (1), fàcilmente se reconhece qual o sentido com que deve figurar $\vec{Q}$ e consequentemente n e t.

4. Vejamos o aspecto que toma o problema nalguns casos particulares.

a) $N_1 = N_2$.

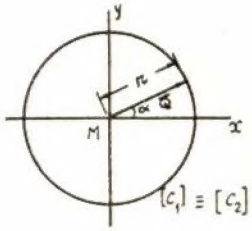


Fig. 3

A elipse de Lamé reduz-se à circunferência de raio $|N_1| = |N_2|$; $[C_1] \equiv [C_2]$ e tem-se $t = o$, $n = Q = N_1$ para qualquer direcção (Fig. 3).

b) $N_1 = -N_2$.

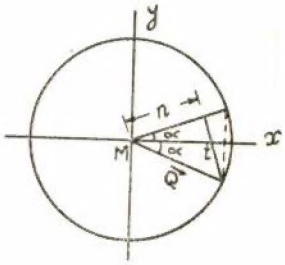


Fig. 4

A elipse de Lamé reduz-se, como no caso anterior, à circunferência de raio $|N_1|$; mas $\vec{Q}$ não é, em geral, normal à face sobre que actua, fazendo com Mx o mesmo ângulo que n (Fig. 4).

Quando $\alpha = \pi/4$, tem-se $n = o$, $t = Q$ (corte puro).

H. PARRY & SON, L.DA

SEDE: 6, AV. 24 DE JULHO - LISBOA

Telef.: 64187 (4 Linhas) 66065
Teleg.: NAVIOS-LISBOA

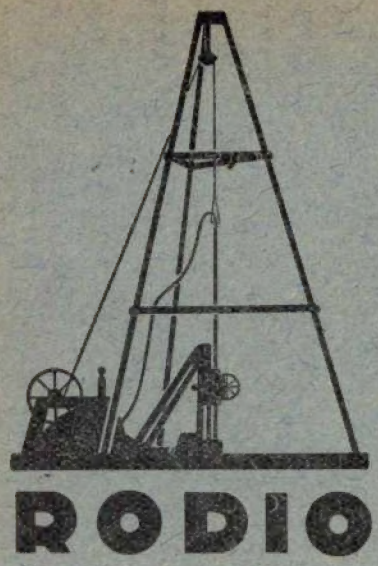
CONSTRUÇÕES
E REPARAÇÕES
NAVAIS

DOCAS SECAS

Execução de qualquer trabalho de
mecânica, electricidade, fundição, caldeiraria, forja, soldadura, etc.

DESENHOS
PROJECTOS
ORÇAMENTOS

SONDAGENS RODIO, Limitada



Sondagens geológicas, estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geotécnico

Pesquisas de água.

Consolidação e impermeabilização de terrenos e de obras por meio de injecções de cimento, produtos químicos, argila activada, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de betão armado, sistema **Ródio** moldadas no solo sem trepidações.

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

Fundações em terrenos difíceis quer por congelação artificial, quer por abaixamento do lençol de água.

As melhores referências no país e no estrangeiro

Sócio gerente residente em Portugal:
Walter Weyermann, Eng. civil

R. S. Mamede ao Caldas, 22, 3.º — LISBOA

Tel. 2 8685

CIMENTOS PORTLAND BRANCOS

PATAIAS **LUSO**

Bons entre os melhores

PARA ACABAMENTOS

PEDRA ARTIFICIAL E MOSAICOS

TRABALHOS MARÍTIMOS

PISTAS E FAIXAS DE ROLAGEM

OBRAS DE RESPONSABILIDADE

Rua Vitor Cordon 1, 2.º — LISBOA

TELEFONES 30765/2 linhas

c) $N_2 = O$.

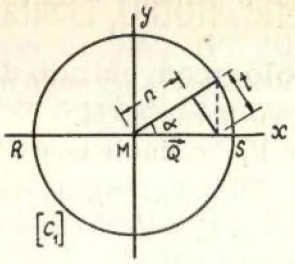


Fig. 5

O círculo $[C_2]$ considerado em 3. reduz-se ao ponto M e a elipse de Lamé ao segmento $\overline{RS}$ (Fig. 5).

A tensão $\vec{Q}$ dirige-se segundo Mx e trata-se de um problema de tracção ou compressão conforme $N_1 > O$ ou $N_2 < O$.

5. Prosseguindo o nosso estudo, procuremos relacionar as tensões em duas faces perpendiculares entre si.

Sejam MR_2 e MR_1 as normais às referidas faces, P_2 e P_1 os correspondentes pontos da elipse de Lamé.

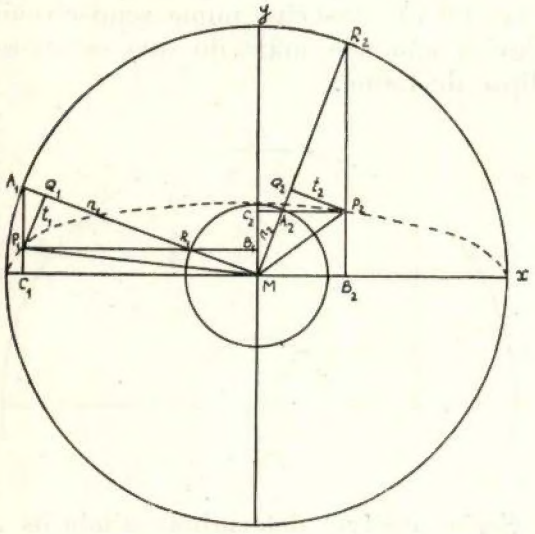


Fig. 6

Por serem iguais os ângulos $A_2\hat{M}C_2$ e $A_1\hat{M}C_1$, tem-se $\overline{A_2R_2} = \overline{A_1R_1}$ e $\overline{A_2P_2} = \overline{A_1P_1}$ (por ser $\overline{C_2P_2} = \overline{C_1A_1}$ e $\overline{C_2A_2} = \overline{C_1P_1}$) o que mostra que são iguais os triângulos $[A_2P_2R_2]$ e $[A_1P_1R_1]$.

As alturas $\overline{P_2Q_2}$ e $\overline{P_1Q_1}$ deste triângulo não são mais do que as componentes tangenciais t_2 e t_1 das tensões unitárias sobre as duas faces consideradas.

Por conseguinte (e àparte o sinal), $t_1 = t_2$, concluindo-se ao mesmo tempo que as tensões tangenciais em duas faces perpendiculares divergem ou convergem simultâneamente para a intersecção das duas faces.

Por outro lado.

$$n_1 + n_2 = \overline{MQ_1} + \overline{MQ_2} = \overline{MQ_1} + \overline{MA_2} + \overline{A_2Q_2} =$$
$$= \overline{MQ_1} + \overline{A_1Q_1} + \overline{MA_2} = \overline{MA_1} + \overline{MA_2} = N_1 + N_2$$

relação já nossa conhecida da teoria da elasticidade.

* * *

Suponhamos agora que são dadas as componentes n_1 e t_1, n_2 e t_2, das tensões em duas faces perpendiculares, e vejamos como determinar as direcções isostáticas e as tensões principais.

Conhecidos os segmentos $\overline{MQ_1}$, $\overline{MQ_2}$, $\overline{Q_1P_1}$ e $\overline{Q_2P_2}$ (os dois últimos iguais entre si e respectivamente perpendiculares aos dois anteriores), imediatamente se obtém os pontos P_1 e P_2 da elipse de Lamé. E o que nos propomos determinar são os pontos A_1, A_2, R_1, R_2 (fig. 6), com o que ficamos conhecendo as acções moleculares principais e as direcções P_1R_1 e P_2R_2 segundo as quais actuam.

Analisando cuidadosamente a fig. 6, fàcilmente se vê que o que nos interessa fundamentalmente é conduzir por P_1 e P_2 duas rectas paralelas (P_1B_1 e P_2C_2) que determinem em MQ_1 e MQ_2 dois pontos (R_1 e A_2) a igual distância de M.

Marque-se, sobre MQ_1, o ponto S tal que $\overline{MS} = \overline{MQ_2}$ (fig. 7).

Tem-se $\overline{R_1S} = \overline{A_2Q_2} = \overline{Q_1A_1}$ e T, ponto médio de $\overline{Q_1S}$, é precisamente o meio do segmento desconhecido $\overline{A_1R_1}$.

Como o triângulo $(A_1P_1R_1)$ deve resultar rectângulo em P_1, não temos mais do que traçar a circunferência de centro T e raio $\overline{TP_1}$ para obter, sobre $\overline{MQ_1}$, os pontos A_1 e R_1.

Encontrados estes pontos, estamos habilitados a determinar A_2 e R_2 e, em geral todos os elementos da figura 6. Ficam assim deter-

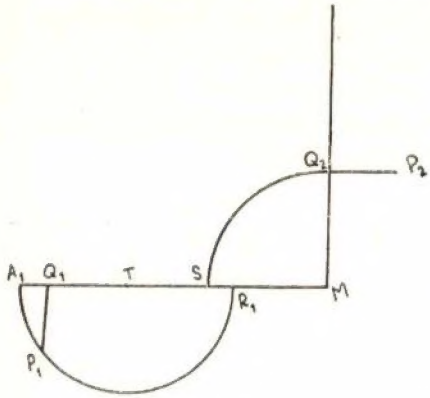


Fig. 7

minadas as tensões principais $\overline{MR_1} = \overline{MA_2}$ e $\overline{MR_2} = \overline{MA_1}$ e as direcções segundo as quais actuam [1].

6. Avançando um pouco mais na análise que estamos fazendo, novo problema nos surge agora: o de procurar determinar as

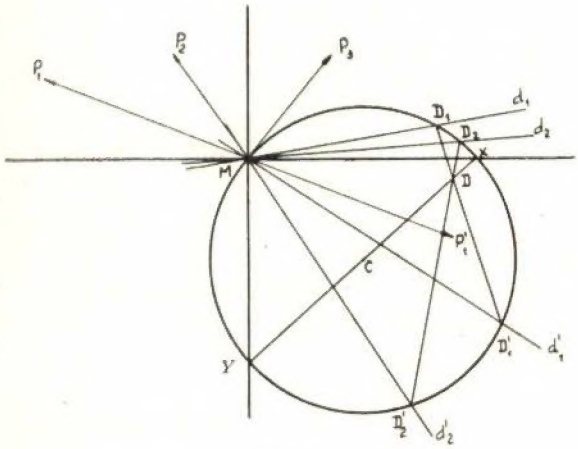


Fig. 8

tensões principais e as direcções isostáticas, quando forem conhecidas as tensões segundo três direcções quaisquer. Geomètricamente, o problema equivale a determinar a posição e grandeza dos eixos de uma elipse de que se conhecem 3 pontos e o centro.

Sejam $\overrightarrow{MP_1}$, $\overrightarrow{MP_2}$, $\overrightarrow{MP_3}$ os vectores representativos das tensões segundo três direcções quaisquer, em torno de M.

O ponto P'_1, colinear com P_1 e M e tal que $\overline{P_1M} = \overline{MP'_1}$ (fig. 8), pertence, juntamente com P_1, P_2 e P_3, à elipse dos esforços relativa ao ponto M.

$\overline{P_1P_2}$ e $\overline{P_2P'_1}$ são cordas suplementares e os diâmetros $d_1 \parallel P_1P_2$ e $d'_1 \parallel \overline{P_2P'_1}$ são, consequentemente, dois diâmetros conjugados.

Anàlogamente se obtiveram os diâmetros conjugados $d_2 \parallel P_1P_3$ e $d'_2 \parallel P_3P'_1$.

Como os diâmetros conjugados de qualquer cónica estão em involução, os segmentos que unem os pontos D_1 e D'_1; D_2 e D'_2; etc; em que esses diâmetros encontram qualquer circunferência que passe por M, concorrem num ponto D.

Unindo D com o centro C da circunferência, obtém-se sobre esta os pontos X e Y.

MX e MY, sendo dois diâmetros conjugados (pela propriedade anteriormente referida) e perpendiculares entre si (por estar [MXY] inscrito numa semi-circunferência) não são mais do que os eixos da elipse de Lamé.

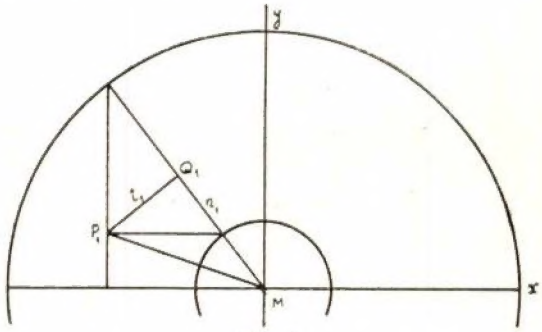


Fig. 9

Seria possível determinar ainda os vértices da elipse recorrendo apenas ao conhecimento dos vectores $\overrightarrow{MP_1}$, $\overrightarrow{MP_2}$ e $\overrightarrow{MP_3}$. Não complicaremos, no entanto, a construção, pois em geral serão conhecidas as componentes n_1 e t_1 de $\overrightarrow{MP_1}$, por exemplo, e imediatamente se obtém as circunferências de raios $|N_1|$ e $|N_2|$ (tensões principais) como mostra a fig. 9.

---

[1] Depois de termos o problema resolvido, observámos que a construção feita sobre o eixo MQ_1 não é fundamentalmente distinta da construção de Mohr. Sòmente a justificação é diferente, além de que se obtém os elementos necessários à definição da elipse de Lamé.

CORREIAS TRANSPORTADORAS

PELO ENG.º DE MINAS (I. S. T.) FERNANDO DE MELLO MENDES

C. D. 621.826

(Continuação)

XVI — Tensões na correia. Tensão máxima

Já vimos que, na visinhança da cabeça motora, a *tensão do ramo esticado* é igual à *tensão do ramo frouxo* mais o esforço tangencial necessário,

$$T_1 = E + T_2$$

Se a correia é horizontal, T_1 será a tensão máxima que a correia suporta.

A determinação da tensão máxima que a correia tem que suportar é um dos problemas mais importantes a resolver no estudo de um transportador de correia, pois desta tensão máxima dependerá a resistência e, por conseguinte, as características da correia a escolher.

No caso dos transportadores inclinados, há também que ter em linha de conta a tensão motivada pela componente do peso da correia segundo a sua inclinação. Sendo p o peso da correia em kg/m e H a diferença de nível, em metros, entre os seus extremos, as tensões adicionais devidas ao peso da correia têm o seu valor máximo p.H no cimo do transportador.

Este valor terá que adicionar-se à soma do esforço tangencial necessário com a *tensão do ramo frouxo*.

A Goodyear Tire & Rubber (21) indica, para um cálculo aproximado, as percentagens seguintes a adicionar à soma destas duas últimas tensões, para entrar em linha de conta com a tensão devida à componente do peso da correia:

QUADRO XIV

Desnível H em metros	Movimento à cabeça	Movimento na cauda
1 - 7	0 %	0 %
8 - 15	0	5
16 - 22	0	10
23 - 30	0	15
31 - 38	5	20
39 - 45	8	25
46 - 53	12	30
54 - 61	15	35

Atendendo às parcelas que compõem a potência total necessária para accionar um transportador de correia, podemos subdividir o esforço tangencial E nas suas componentes:

1) $f\,(q_1 + 2p)\,(L + L_0)$ — força necessária para vencer o atrito do transportador em vazio.

2) $\dfrac{f\,C\,(L + L_0)}{3{,}6\ V}$ — força necessária para vencer o atrito devido à carga.

3) $\dfrac{CH}{3{,}6\ V}$ — força necessária para a elevação da carga.

Todas estas forças se traduzem em tensões parciais na correia. Por outro lado temos:

4) pH — tensão devida à componente do peso da correia segundo a sua inclinação.

5) $\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \times E$ — *tensão do ramo frouxo.*

Para o estudo do valor da tensão máxima e determinação da sua localização no transportador, achamos muito sugestiva a repre-

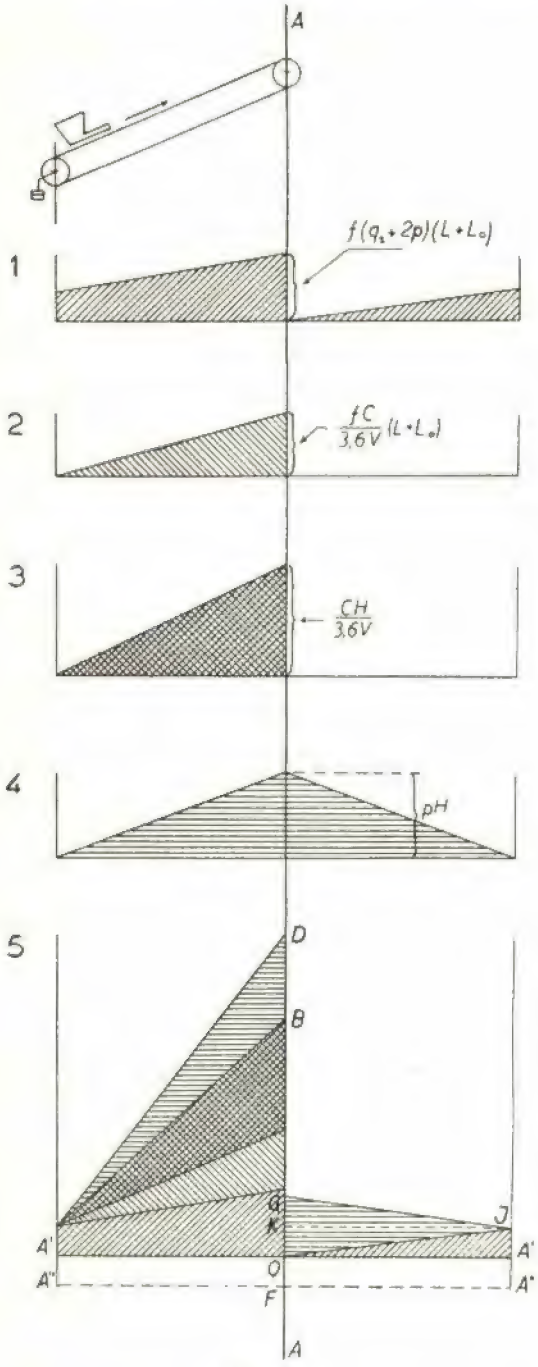


Fig. 24

sentação gráfica sugerida no «Belting Handbook» da Goodyear Tire & Rubber Co. (21) (fig. 24):

Sendo A-A um eixo vertical, desenham-se as linhas gerais do transportador, situando o centro do tambor da cabeça sobre o eixo. As tensões da correia serão marcadas em ordenadas, em escala a escolher, a partir dum eixo horizontal, as referentes ao ramo carregado à esquerda de A-A, as referentes ao ramo vazio à direita.

Suponhamos o caso da fig. 24, com o movimento à cabeça.

Temos, considerando parcialmente as várias tensões em jogo:

1) *Tensão devida ao atrito em vazio* — Interessa a todo o transportador e varia linearmente desde zero, à saída do tambor motor, até ao valor máximo $f(q_1 + 2p)(L + L_0)$ no ataque deste, passando pelo valor $\frac{1}{2} f(q_1 + 2p)(L + L_0)$ no tambor da cauda.

2) *Tensão devida ao atrito motivado pela carga* — Só interessa ao ramo carregado, variando linearmente desde zero, no ponto de carga (que para simplificação supomos localizado no tambor da cauda), até ao valor máximo, no ponto de descarga,

$$\frac{f\,C\,(L + L_0)}{3{,}6\ V}$$

3) *Tensão devida à elevação da carga* — Varia de maneira análoga à anterior, desde zero até ao máximo

$$\frac{CH}{3{,}6\ V}$$

4) *Tensão devida ao peso da correia* — Interessa aos dois ramos desta e varia linearmente desde zero, no ponto mais baixo do transportador até ao máximo pH no seu ponto mais alto.

No gráfico inferior justapuseram-se as várias tensões, correspondentes aos mesmos pontos do transportador, a partir dum eixo horizontal A' — A'. Representando o segmento $\overline{OB}$ o valor de E, a *tensão do ramo frouxo* será representada por um segmento de comprimento $x = \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \times \overline{OB}$. Ora,

como a *tensão do ramo frouxo* se verifica neste caso no ramo vazio, marcaremos o ponto F tal que $\overline{GF} = x$. Por outro lado, como $\overline{BD} = \overline{OG}$, será $\overline{OB} = \overline{GD}$; $\overline{FG} + \overline{GD}$ representará a tensão máxima.

Pelo ponto F passa então o eixo de referência A″ — A″; as ordenadas representando as tensões nos vários pontos da correia terão a sua origem neste eixo.

O eixo A″ — A″ nunca poderá ser marcado acima de K pois, nesse caso, o ponto J teria tensão negativa, o que não pode pràticamente acontecer.

Neste exemplo temos:

Tensão máxima = E + *tensão do ramo frouxo* (a)

Mas compreende-se perfeitamente que possam existir casos como o indicado na fig. 25, isto é, em que o ponto F caia acima do ponto K; nestas condições, a tensão máxima será superior à soma do esforço tangencial E com a *tensão do ramo frouxo*

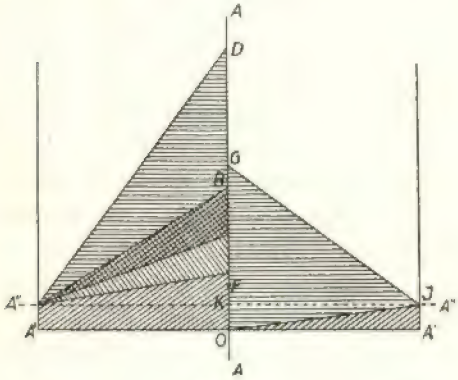


Fig. 25

calculada. Esta última tensão terá que ter, como acabamos de ver, o valor mínimo $\overline{GK}$, ou seja o valor da diferença entre a tensão devida à componente do peso da correia e a tensão devida ao atrito no ramo de retorno:

Tensão máxima = E + (tensão devida ao peso da correia) — (tensão devida ao atrito no ramo retorno) (b)

Quere dizer, como *à priori* não se pode dizer se o ponto F cai acima ou abaixo do ponto K, será necessário, para avaliar seguramente a tensão máxima, ensaiar as duas fórmulas (a) e (b) e tomar em consideração a que fornecer valor mais elevado.

Para a tensão devida ao atrito no ramo de retorno podemos despresar L_0, visto não se encontrar envolvida neste caso a influência do tambor de arrastamento. O valor desta tensão será então:

$$\frac{f\,(q_1 + 2\,p)\,L}{2}$$

Apresentamos a seguir vários exemplos de desenhos possíveis para transportadores de correia, com a localização do ponto de tensão máxima e as fórmulas a ensaiar para determinação do seu valor. Como no caso anterior, será escolhida a fórmula que der para aquela tensão maior valor.

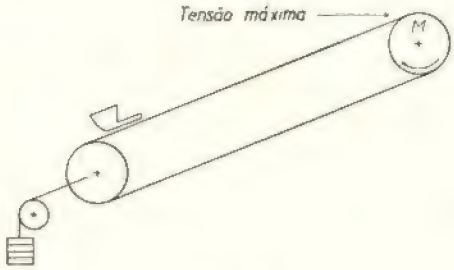


Fig. 26

$$\text{Tensão máx.} = E + T_2$$

ou

$$\text{Tensão máx.} = E + pH - \frac{f\,(q_1 + 2\,p)\,L}{2}$$

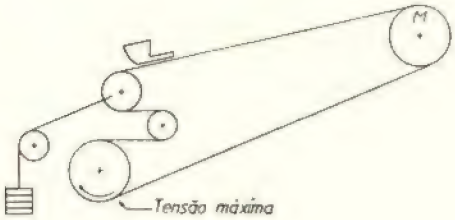


Fig. 27

$$\text{Tensão máx.} = E + T_2 + pH - \frac{f\,(q_1 + 2p)\,L}{2}$$

ou

Tensão máx. = E + T_2 (quanto H é muito pequeno)

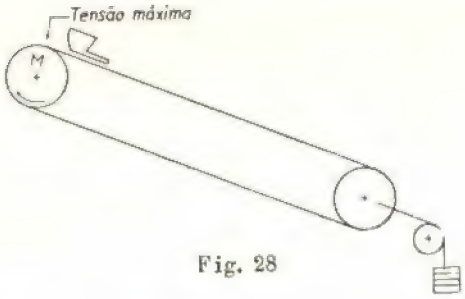


Fig. 28

$$\left(\frac{CH}{75 \times 3{,}6} > \frac{f\,(q_1 + 2p)\,(L + L_o)\,V}{75} + \frac{fC\,(L + L_o)}{75 \times 3{,}6}\right)$$

$$\text{Tensão máx.} = E + T_2$$

ou

$$\text{Tensão máx.} = E + pH + \frac{f\,(q_1 + 2p)\,L}{2}$$

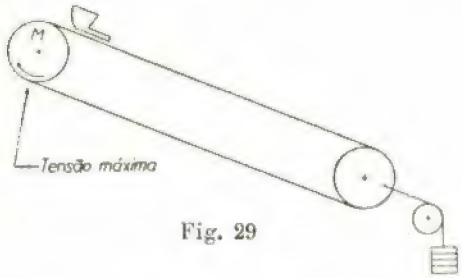


Fig. 29

$$\left(\frac{CH}{75 \times 3{,}6} < \frac{f\,(q_1 + 2p)\,(L + L_o)\,V}{75} + \frac{fC\,(L + L_o)}{75 \times 3{,}6}\right)$$

$$\text{Tensão máx.} = E + T_2$$

ou

$$\text{Tensão máx.} = pH + \frac{f\,(q_1 + 2p)\,L}{2}$$

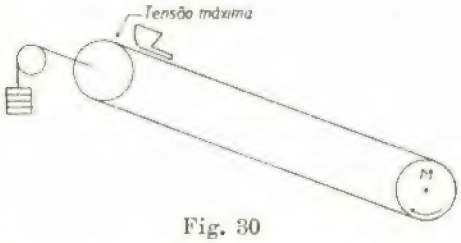


Fig. 30

$$\left(\frac{CH}{75 \times 3{,}6} > \frac{f\,(q_1 + 2p)\,(L + L_o)\,V}{75} + \frac{fC\,(L + L_o)}{75 \times 3{,}6}\right)$$

$$\text{Tensão máx.} = E + T_2 + pH + \frac{f\,(q_1 + 2p)\,L}{2}$$

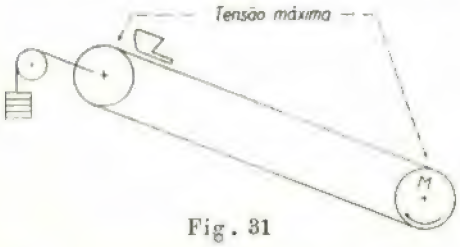


Fig. 31

$$\left(\frac{CH}{75 \times 3{,}6} < \frac{f\,(q_1 + 2p)\,(L + L_o)\,V}{75} + \frac{fC\,(L + L_o)}{75 \times 3{,}6}\right)$$

$$\text{Tensão máx.} = E + T_2$$

ou

$$\text{Tensão máx.} = T_2 + pH + \frac{f\,(q_1 + 2p)\,L}{2}$$

XVII — Freios e travões

Vimos que a potência total necessária para accionar um transportador de correia é dada por:

$$\frac{f\,(q_1 + 2p)\,(L + L_o)\,V}{75} + \frac{f\,C\,(L + L_o)}{75 \times 3{,}6} + \frac{CH}{75 \times 3{,}6}$$

Pode acontecer que a terceira parcela da potência seja superior à soma das outras duas, quere dizer, a potência necessária para a elevação da carga pode exceder a soma das potências necessárias para vencer os atritos.

Se tal se verifica num transportador destinado a elevar a carga, é preciso tomar precauções pois que, se o motor pára por qualquer razão (por exemplo falta de energia), estando o transportador carregado, este começará a andar em sentido contrário com todos os inconvenientes de estravazamento da carga, ferimentos na correia devidos a material entalado entre esta e o sistema de carga, etc. Utilizam-se para o efeito travões automáticos, dos quais há tipos muito variados, mas que geralmente se podem incluir em dois grupos: travões de linguete e roda de dentes oblíquos, normalmente completado com molas, dispositivo electromagnético ou sistema mecânico que obrigue à actuação rápida do travão quando se inverte o sentido de marcha do transportador; travões de atrito (tipo travão de cepos) também mais ou menos aperfeiçoados para actuarem ràpidamente quando há inversão de marcha.

Se, nas mesmas condições, o transportador se destina a baixar a carga, o problema é mais delicado, pois é necessário prever as coisas de modo a absorver, por meio de qualquer sistema, a energia gerada, man-

tendo constante a velocidade da correia. A dificuldade consiste pricipalmente no facto de qualquer pequena variação na alimentação do transportador poder provocar modificação sensível nas condições de trabalho deste. Além disso, como a carga é lançada na parte superior, é sempre de temer que o transportador embale, acarretando toda uma série de inconvenientes e perigos que é inútil enumerar.

XVIII — Correia pròpriamente dita

Actualmente, as correias normalmente utilizadas para o transporte de materiais são constituídas por:

a) um certo número de telas de algodão, cuja resistência deve satisfazer à tensão máxima que se verifica no transportador a que se destinam;
b) impregnações de borracha que constituem o tratamento do tecido das telas e asseguram a aderência entre estas; e
c) coberturas de borracha que, envolvendo inteiramente as telas, as protegem contra a humidade e a acção abrasiva dos produtos transportados.

Para a fabricação das telas, o algodão deve ser da melhor qualidade, com fibras de comprimento conveniente (da ordem dos $25^{m}/_{m}$). Com estas fibras fabricam-se os fios que, modernamente, devem obedecer a especificações bem determinadas (número de fibras por fio, grau do torcimento, em voltas por metro, diâmetro dos fios, carga de rotura, alongamento correspondente, etc.).

Os fios são tecidos segundo o estabelecido para número de fios longitudinais e transversais por unidade de superfície e valor do seu encurtamento aparente durante a tecedura (da ordem de 20 % por fio longitudinal e 4 % por fio transversal). Esta última característica interessa para aumentar a elasticidade, permitindo para a correia em serviço alongamentos elásticos proporcionais aos esforços sofridos.

O conjunto deve apresentar regularidade, sem defeitos que provoquem desequilíbrio da resistência do tecido em determinados pontos.

É de notar a importância da resistência no sentido transversal. De facto, os fios transversais constituem um freio permanente contra o alongamento dos longitudinais, alongamento que não deverá ser excessivo; por outro lado, é muito importante a resistência dos fios transversais no caso das emendas das correias se fazerem por meio de ligadores.

A impregnação das telas com borracha faz-se sob pressão, em máquinas tipo calandra. Porém, antes da impregnação, as telas têm que passar em secadores, para eliminar a água que o algodão ocasionalmente contenha; as respectivas perdas em peso são da ordem dos 8 %.

A impregnação das telas é um factor preponderante na qualidade da correia, pois dela depende a aderência entre as telas e entre estas e as coberturas. Além disso, uma boa impregnação retarda o apodrecimento das telas, caso algum rasgão nos recobrimentos de borracha permita a entrada da humidade.

É indispensável que as propriedades desta impregnação de borracha se mantenham com o tempo sem grande alteração.

Preparadas da maneira referida, as telas são reunidas para constituir a correia. As telas devem ser todas independentes, quere dizer, não se devem dobrar nos bordos da correia; de facto, esta prática, que contudo se observa com certa frequência, opõe-se à livre flexão da correia, contrariando o deslocamento relativo das telas entre si, tanto no sentido longitudinal, à passagem pelos tambores e nos vãos entre os jogos de roletes, como no sentido transversal, nos jogos de roletes em fundo de masseira. Só com as telas livres se pode obter uma boa repartição das tensões em toda a secção da correia.

Durante a construção da correia é particularmente indispensável evitar que fiquem bolsas de ar entre as telas, que prejudicariam a aderência entre estas, podendo mesmo vir a causar o seu descolamento durante o serviço.

Quanto às coberturas de borracha, devem ser de material com carga e alongamento de ruptura correspondentes ao efeito abra-

sivo do material a transportar. Para o efeito admite-se que a resistência à abrasão da borracha é proporcional ao produto da respectiva carga de ruptura pelo alongamento correspondente.

As coberturas são preparadas em folhas com a espessura desejada, em máquinas de calandrar, e depois aplicadas sobre o conjunto das telas com os cuidados necessários para não deixar bolsas de ar.

Por vezes as coberturas laterais são reforçadas por meio de telas em forma de U, abraçando as telas normais.

A espessura das coberturas laterais não deve exceder $5\,^{m}/_{m}$, pois mostra a experiência que, acima deste valor, descolam fàcilmente se ocasionalmente roçam em qualquer parte da estrutura.

O conjunto da correia é depois vulcanizado em prensa, sob tensão, para responder a um alongamento pré-determinado, cerca de $5\,^{o}/_{o}$: isto para limitar a extensibilidade da correia durante o serviço.

Durante e depois da última guerra, as casas construtoras, principalmente as americanas, começaram a lançar no mercado correias de altas resistências. Nestas correias, a função resistente é, geralmente, exercida por uma ou mais camadas de cordas, ou mesmo cabos metálicos, longitudinais; estas correias têm, pelo menos, uma ou duas telas do lado da face inferior, geralmente só para efeitos de resistência transversal.

Também se começa a substituir as telas de algodão por outros materiais, como seja o «Nylon», com o qual se conseguem obter correias mais delgadas e por isso mais flexíveis que as vulgares, em igualdade de resistência.

Para o transporte de materiais oleados, que destroem a borracha vulgar, têm-se empregado com exito algumas borrachas sintéticas. Igualmente para o transporte de materiais corrosivos ou quentes se empregam borrachas especialmente tratadas.

Todos estes tipos especiais de correias são, porém, caros, só se justificando a sua aplicação em casos particulares.

A fadiga de segurança das correias indica-se, geralmente, em kg/tela. cm [1]. Quere dizer, uma correia de r kg/tela. cm., com l cm de largura e n telas, estará apta a suportar um esforço de $(r \times l \times n)$ kg.

As fadigas de segurança utilizadas normalmente são muito inferiores às respectivas cargas de ruptura. Os coeficientes de segurança são geralmente superiores a 12, variando em regra entre 14 e 15.

Nas correias vulgares apenas se considera a resistência das telas. Da qualidade destas depende, pois, a resistência da correia.

A qualidade das telas é geralmente indicada por meio do seu peso por metro quadrado. Os ingleses e americanos costumam dar a qualidade das suas telas em «onças por área de tela com 42″ de largura e 36″ de comprimento», o que é muito próximo de onças/metro quadrado ($36'' \times 42'' = 0{,}9755\ m^2$); abreviadamente, exprimem a qualidade da tela unicamente em onças.

São normalizadas as qualidades de 28, 32, 36 e 42 onças [2]; as telas de 48 oz. são já muito mais raras e, acima destas, adoptam-se os tipos especiais de correias de que falámos (de cordas e de cabos metálicos).

As resistências (cargas de ruptura) das telas variam, evidentemente, com a sua qualidade. A «British Standard Specification for Rubber Conveyor and Elevator Belting», n.º 490, 1 933 (18) determina as seguintes cargas de ruptura para as telas:

Peso das telas	Carga de ruptura no sentido longitudinal (Kg/cm)	Carga de ruptura no sentido transversal (Kg/cm)
28 oz.	62,5	30,4
32	67,0	33,0
36	71,4	35,6

Por seu lado, os serviços técnicos das minas francesas exigiam, em 1 936, para as telas das correias dos transportadores do fundo, a par dum peso mínimo de 800 gr/m²,

(1) Os ingleses e americanos usam lb/ply. in.

(2) As espessuras destas telas são, aproximadamente, $1{,}15\,^{m}/_{m}$, $1{,}35\,^{m}/_{m}$, $1{,}40\,^{m}/_{m}$ e $1{,}60\,^{m}/_{m}$.

as seguintes resistências, após vulcanização (isto é, tal como as telas se encontram na correia):

no sentido longitudinal . . . . 65 kg/cm
no sentido transversal . . . . 30 kg/cm

Estes mesmos serviços exigiam, para as telas, alongamentos de ruptura,

no sentido longitudinal . . 30 % a 35 %
no sentido transversal . . . 10 % a 12 %

A «British Standard Specification» acima referida determina, para alongamento médio de ruptura das telas, na correia acabada (isto é, após vulcanização), um mínimo de 5 % e um máximo de 10 % sob carga de 100 lbs. por in. de largura da correia (≃ 17,86 kg/cm).

As cargas de segurança aconselháveis para as telas variam de fabricante para fabricante, dentro de limites não muito largos, consoante as cargas de ruptura e os coeficientes de segurança adoptados. Temos assim, para exemplos:

QUADRO XV

Peso da correia	Cargas de segurança adoptadas pelas casas		
	Goodyear	Stephens--Adamson	Robins
28 oz.	4,3 Kg/cm	4,3 Kg/cm	3,6 - 4,1 Kg/cm
32	4,8	5,7	4,1 - 4,8
36	5,4	6,4	4,5 - 5,4
42	6,8	7,5	6,3 - 7,1

Arbitrada a carga de segurança r para as telas, calcula-se o seu número n, para para uma largura de correia l e para uma tensão máxima de serviço T, pela fórmula:

$$n = \frac{T}{r \times l} \qquad \begin{array}{l} T - \text{kg} \\ r - \text{kg/cm} \\ n - \text{cm} \end{array}$$

O número de telas para as correias em fundo de masseira é, porém, limitado pelas possibilidades da flexão transversal necessária para a correia se adaptar à forma dos jogos de roletes, dependendo pois da largura da correia e das características das telas.

Indicamos os números máximos de telas de vários pesos que se podem utilizar, sem inconveniente, em correia em fundo de masseira, conforme o aconselhado pela Goodyear Tire & Rubber (21) para conjuntos de 3 roletes com os exteriores inclinados de 20°, ou conjuntos de 5 roletes com os intermédios a 15° e os exteriores a 30°.

QUADRO XVI

Número máximo de telas para correias em fundo de masseira

Largura da correia	Telas de			
	28 oz.	32 oz.	36 oz.	42 oz.
12 in.	4	4	–	–
14	5	4	–	–
16	5	4	–	–
18	6	5	4	–
20	6	5	5	–
24	7	6	6	6
30	9	8	7	7
36	10	9	8	8
42	11	10	9	9
48	13	12	11	11
54	14	13	12	12
60	15	14	13	13

A aderência entre as telas e entre as telas exteriores e as coberturas, bem como as características do material destas coberturas, são também factores muito importantes da qualidade duma correia.

Os serviços técnicos das minas francesas exigiam:

Aderência:

Resistências médias ao arrancamento (por cm de largura):

entre telas . . . . . 4,5 kg
» » e coberturas . . . . . 4,5 kg

Coberturas:

Resistência média à ruptura, por cm² — 150 kg
Alongamento médio antes da ruptura — 600 %

A «British Standard Specification» atrás referida (18) considera três classes de correia, consoante a aderência e a qualidade da cobertura:

QUADRO XVII

Classe de correia	Cobertura		Aderência	
	Resistência à ruptura Kg/cm²	Alongamento de ruptura %	Entre telas Kg/cm	Entre telas e cobertnra Kg/cm
A	246	550	4,6	4,3
B	176	450	3,6	3,2
C	105	350	3,0	2,7

Duma maneira geral, as grandes casas fabricantes de correias apresentam tipos mais ou menos correspondentes a estas classes.

A escolha da classe de correia para um dado caso de transporte é um problema delicado, dependendo fundamentalmente das condições de flexão a que a correia é submetida em serviço. Por esta razão a Goodyear Tire and Rubber (21) e outros fabricantes americanos arbitram a classe da correia a utilizar, numa primeira aproximação, por intermédio dum quociente $\frac{2L}{V}$, em que L é o comprimento do transportador e V a velocidade da correia; a este quociente podemos chamar *índice de frequência das flexões da correia* pois representa o intervalo de tempo que a correia leva a passar duas vezes consecutivas sobre um tambor do transportador.

Intimamente ligadas com a frequência da flexão estão as tensões que se prevê que a correia terá que suportar em serviço. Evidentemente que, se forem previstas ocasionais sobre-tensões, a correia deverá ser de qualidade superior à que deveria ter se só se previssem tensões constantes.

Exprimindo L em metros e V em m/seg., considerando as características das classes A, B e C da «British Standard Specification» e entrando com uma média do indicado por várias casas fabricantes, temos, para tensões normais (ou seja as tensões com que se entrou para o cálculo do número de telas da correia) e diâmetros normais de tambores (ou sejam os que indicaremos adiante):

QUADRO XVIII

$\frac{2L}{V}$ (seg.)	12	24	36	48	60	90	120	180	240 e mais
Classes . .	–	–	–	–	–	–	A	A	B

Nos casos deste quadro em que nenhuma classe está indicada, pode usar-se uma correia com as características da classe A, mas não se deve esperar dela grande vida, dada a severidade das condições de flexão; isto, evidentemente, a menos que as tensões reais sejam menores que aquelas com que entrámos no cálculo do número de telas da correia. Pode-se obter maior vida da correia encomendando-a com uma delgada película de borracha entre as telas, o que lhe aumenta a flexibilidade. Um outro meio de aumentar a vida da correia é usar tambores com diâmetros superiores ao normal (diâmetros adiante indicados), para aumentar os raios de curvatura da correia e, por conseguinte, diminuir as fadigas de flexão.

Finalmente, para terminar as considerações àcerca da determinação justa das características da correia a utilizar, falta falar da espessura das coberturas de borracha.

A cobertura inferior é geralmente normalizada com uma espessura de $\frac{1''}{32}$ (aprox. 0,8 mm). Unicamente para casos de correias de mais de 36″ de largura ou para condições anormais de serviço, com tensões de trabalho elevadas e materiais abrasivos e muito poeirentos, se costuma usar $\frac{1''}{16}$ (aprox. 1,6 mm).

Quanto à cobertura da face de carga, a sua espessura depende, além das condições de flexão da correia e das características da borracha de que é feita, da abrasividade, tamanho e peso dos blocos do material a transportar, e das condições de alimentação. Varia em geral de $\frac{1''}{16}$ (aprox. 1,6 mm) até

$\frac{3''}{8}$ (aprox. 9,5 mm). A determinação da espessura justa é um problema difícil, que exige conhecimento perfeito do material a transportar e demais condições influentes.

A determinação óptima das características duma correia transportadora é aquela em que se consegue uma correia que, ao fim dum período longo de trabalho, acabe a sua vida por ruína simultânea das telas e das coberturas. Isto, evidentemente, não se pode pretender alcançar numa primeira instalação. Deve-se contudo colher os máximos informes possíveis em instalações similares em que se transportem materiais análogos, para nos conseguirmos aproximar, tanto quanto possível, daquelas condições ideais, a que corresponde um custo mínimo.

Em instalações já existentes, deve-se sempre pretender averiguar as causas de ruína das correias em serviço e tentar melhorar as condições existentes por possíveis variações dos vários elementos da correia. Sendo esta a parte mais cara da instalação e, pràticamente, a única sugeita a desgaste apreciável, tudo o que se fizer no sentido de aumentar a sua vida representa economia palpável nos custos de manutenção.

As correias que acabamos de descrever são hoje as mais correntemente usadas nos casos vulgares de transportadores. Contudo usam-se também correias de outros materiais.

As correias de algodão podem utilizar-se para suportar esforços não muito grandes (carga de ruptura — 350 a 450 kg/cm^2). No estado bruto são muito sensíveis à humidade, pelo que convém impregná-las, por exemplo com cera. No nosso país, as correias de algodão, tecidas à maneira de cilha, têm bastante interesse para períodos em que haja dificuldades na obtenção de correias de borracha ou em que o preço destas suba muito: embora de muito menor duração podem tornar-se mais económicas que estas últimas.

As correias de pelo de camelo são mais resistentes e duráveis, mas mais caras.

As de balata compõem-se de várias telas de algodão, impregnadas de balata. São mais resistentes que as de borracha com o mesmo número de telas, porque o algodão não diminuiu a sua resistência devido ao calor da vulcanização. Têm elevada insensibilidade à humidade. Não podem porém ser utilizadas em locais quentes, mesmo medianamente quentes, visto que a balata amolece a cerca de 50° C.

Existem também correias de papel tecido, celulose, etc., mas muito pouco resistentes e duráveis. Geralmente só se utilizam como sucedâneos de emergência.

Finalmente, temos as correias metálicas, para grandes resistências e serviços rudes, mas estas, pelas suas características especiais, saiem já fora do âmbito deste trabalho.

Antes de terminarmos estas considerações sobre as correias pròpriamente ditas, queremos frizar bem a importância que tem a exactidão das suas características na economia dos transportadores. Em muitos países (Alemanha, Inglaterra, etc.) estas características são objecto de uma normalização apertada, tanto oficial como da parte de organismos industriais, tendo em vista a constância de características do seu fabrico. Sobre este assunto chamamos particularmente a atenção para as «Condições de execução de ensaios» e «Caderno de Encargos do *Syndicat des Fabricants Français de Courroies Textiles* para recepção de correias transportadoras de borracha», citados por Lebesnerois (9).

XIX — Emendas das correias

As emendas das correias transportadoras podem fazer-se por dois processos: com ligadores metálicos e por vulcanização.

Dos ligadores metálicos, de que há vários sistemas que têm provado na prática, preferem-se geralmente os que permitem unir os dois bordos da correia, não consentindo assim a passagem de materiais pelo intervalo respectivo.

A vulcanização é o sistema por excelência para a emenda de correias transportadoras. As suas principais vantagens são:

a) Tem uma resistência pràticamente dupla da que se consegue com ligadores metálicos.

b) Ficando a superfície da correia contínua e lisa, permite o uso eficiente dos aparelhos de limpesa da correia.

c) Elimina os acidentes motivados pelas pontas metálicas dos ligadores.

d) Elimina os múltiplos ressaltos da correia sobre os roletes, devidos à passagem dos ligadores.

e) Evita o apodrecimento das telas, pela acção da humidade, em redor dos orifícios de fixação dos ligadores, apodrecimento muitas vezes ajudado pela acção química dos produtos transportados. Igualmente evita o apodrecimento por exposição das telas nos cortes dos topos da correia.

f) Evita os possíveis estragos causados pela destruição dos ligadores, expostos à acção abrasiva do material transportado.

g) Distribui por toda a largura da correia as tensões normais e anormais de serviço, ao passo que, com ligadores, é difícil conseguir esta distribuição, originando-se por isso esforços demasiados sobre pequenas partes da largura da correia, com ruína para esta e, frequentes vezes, sua ruptura ou ruptura dos ligadores.

h) Os ligadores metálicos rompem-se bruscamente, sem indicação prévia; pelo contrário, as emendas vulcanizadas quase sempre dão sinal de qualquer enfraquecimento, permitindo repará-las antes da ruptura.

Por estas razões, as emendas vulcanizadas devem ser praticadas sempre que a importância da instalação e o número de emendas a fazer justifiquem a existência da aparelhagem necessária.

XX — Diâmetro dos tambores

O diâmetro dos tambores depende, como já vimos, do tipo de correia utilizada, para evitar a fadiga desta por esforços anormais de flexão.

Damos a seguir, arredondados a centímetros, os diâmetros mínimos dos tambores aconselhados pela Goodyear Tire and Rubber (21), consoante o peso e o número de telas das correias.

QUADRO XIX

Diâmetros normais dos tambores (cm)

N.º de telas	Tambor de cabeça tandem	Tambor motor e descarregadores	Tambor da cauda e do esticador	Tambores auxiliares de pequeno ângulo de contacto
Correia de 28 oz.				
3	46	38	30	25
4	61	51	46	30
5	76	61	51	38
6	91	76	61	46
7	107	91	76	61
8	122	107	76	61
9	137	122	91	76
10	152	122	107	76
11	152	137	122	91
12	183	152	122	91
13	183	152	137	107
14	213	183	152	107
15	213	183	152	122
Correia de 32 oz.				
3	61	46	38	30
4	76	61	51	38
5	91	76	61	46
6	107	91	76	61
7	122	107	91	61
8	137	122	91	76
9	152	137	107	91
10	183	152	122	91
11	183	152	122	107
12	213	183	137	107
13	213	183	152	122
14	244	213	183	122
15	244	213	183	137
Correias de 36 e 42 oz.				
3	–	–	–	–
4	–	–	–	–
5	107	91	76	61
6	122	107	91	61
7	137	122	91	76
8	152	137	107	91
9	183	152	122	91
10	183	152	137	107
11	213	183	152	122
12	213	183	152	122
13	244	213	183	137
14	244	213	183	137
15	244	244	213	152

Pela nossa parte, damos a preferência a estes diâmetros de tambores, por corresponderem a resultados satisfatórios de muitas instalações reais e serem estabelecidos de acordo com características fixas das correias. São estes diâmetros que consideramos como *diâmetros normais,* ao tratar das classes de correia a adoptar.

Na literatura sobre o assunto aparecem, contudo, outras maneiras de determinar o diâmetro dos tambores.

Assim, a «New Conveyor Co. Ltd.» (25) aconselha:

Diâmetro mínimo do tambor motor (in)	5 × n.º de telas
Diâmetro mínimo do tambor da cauda (in).	4 × n.º de telas
Diâmetro mínimo dos tambores auxiliares (in). . .	3 × n.º de telas

Hanffstengel (3) considera:

Diâmetro do tambor motor (cm)... $50 + 3W$ a $50 + 4W$, sendo W a potência necessária, em CV.

Diâmetro do tambor da cauda... 30 a 60 cm

XXI — Veios dos tambores

Embora o cálculo dos veios dos tambores seja um assunto vulgar, daremos um exemplo ùnicamente para o integrarmos nas considerações gerais que estamos fazendo sobre os vários elementos duma correia transportadora.

Seja um tambor motor de diâmetro D, com os seus raios (ou chapas laterais) à distância x do centro das chumaceiras e com um peso total P (fig. 32). Suponhamos o tambor abraçado por uma correia, sujeita às tensões T_1 e T_2.

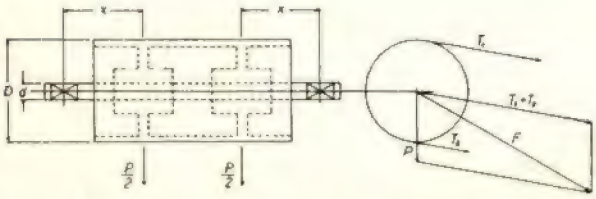


Fig. 32

Intervém na flexão a força F, resultante de P e das tensões T_1 e T_2. O momento flector máximo (desprezando o peso próprio do veio) será:

$$M_f = \frac{F\,x}{2}$$

Na torsão intervêm a força E, diferença entre as tensões T_1 e T_2. O momento de torsão será:

$$M_t = \frac{E\,D}{2}$$

Nos tambores não motores não há que considerar a torsão, visto que as tensões da correia não têm variações apreciáveis na sua vizinhança.

XXII — Mudanças verticais de direcção. Curvas de concordância

As mudanças verticais de direcção, dum troço em subida para um troço horizontal, vencem-se, num transportador de correia, ou por meio de um tambor auxiliar (fig. 33-A) ou aproximando mais os roletes de apoio na zona da curva (fig. 33-B).

Para correias em fundo de masseira a segunda solução é preferível à primeira,

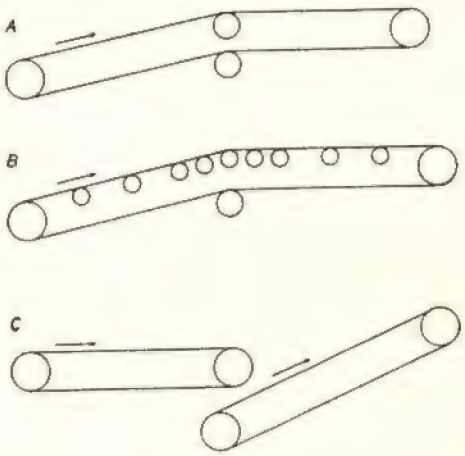


Fig. 33

pois permite uma curva gradual, mantendo a curvatura transversal da correia; no primeiro caso tal não acontece, introduzindo-se esforços de flexão lateral da correia, parti-

cularmente indesejáveis se a correia trabalha sob tensão elevada.

A Stephens-Adamson Mfg. Co. (27) aconselha, para a segunda solução, usar um raio de curvatura de 10 a 20 vezes o espaçamento dos roletes na curva, sendo este espaçamento metade do espaçamento normal.

A passagem dum troço em subida para um menos inclinado é um caso idêntico que não oferece dificuldades.

Pelo contrário, na passagem dum troço horizontal para um troço em subida é necessário fazer a concordância por meio duma curva de grande raio, com o fim de evitar que a correia abandone os roletes de apoio. Este facto é particularmente de temer quando o troço horizontal se encontra carregado e o inclinado vazio.

A Stephens Adamson Mfg. Co. (27) indica, como satisfatórios, raios de curvatura da ordem dos 30 a 120 metros: 30 — 75 m para correias estreitas, 45 — 90 m para correias de 24'' a 30'' de largura e 60 — 120 m para correias mais largas.

O raio mínimo necessário para que a correia não abandone os roletes pode ser determinado, mais rigorosamente, pelas seguintes considerações:

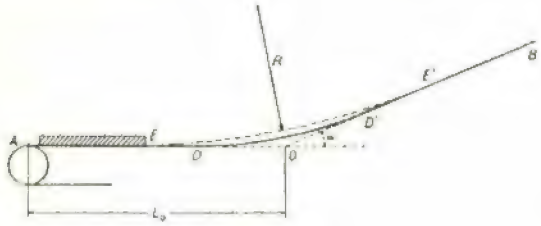


Fig. 34

Seja o caso da fig. 34. Estando a correia descarregada e supondo o seu apoio constituído pelos dois troços rectilíneos $\overline{AO}$ e $\overline{OB}$, o segundo inclinado α° em relação ao primeiro, a correia tende a tomar a forma duma catenária DD', determinada pela tensão da correia e pelo seu peso. Começando a carregar a correia no seu troço horizontal, aumenta a tensão em D, o que obriga a correia a levantar-se, afastando-se então D e D' do ponto O, isto até que D se encontre no início da zona carregada. EE' será então a posição mais elevada que a correia pode tomar pelo que, colocando roletes de apoio segundo EE' a correia nunca os abandonará. Podemos substituir a catenária por um arco de circunferência, tangente aos dois troços horizontal e inclinado, e passando inteiramente acima de EE'. Sendo p o peso da correia por metro e T a tensão no ponto E, o raio deste arco será, em metros:

$$R = \frac{T}{p \cos \alpha}$$

T será, aproximadamente, a soma de duas parcelas:

a) esforço de tracção necessário para mover horizontalmente, à velocidade V m/seg., uma correia horizontal de comprimento L_0, carregada com C ton/hora;

b) *tensão do ramo frouxo* calculada para todo o transportador, totalmente carregado.

Pràticamente, como o valor de $\cos\alpha$ é muito próximo de 1 para as inclinações que nos interessam, pode tomar-se:

$$R = \frac{T}{p}$$

O caso da concordância de um troço em subida com um troço menos inclinado é um caso idêntico. Simplesmente para a determinação de T temos que contar com o esforço de tracção necessário para mover um transportador com projecção horizontal L_0, e um certo desnível H_0.

Nos casos em que, na passagem dum troço horizontal para um troço em subida, não há espaço para o desenvolvimento da necessária curva de concordância o recurso é instalar dois transportadores (fig. 33-C).

(Continua)

ERRATA

Nas pág. 508, linha 4, pág. 509, Quadro XI (2 vezes) e pág. 509, linha 8 a contar do fim onde está $CV_u =$, deve ler-se apenas $CV =$.

CURSO SOBRE O EMPREGO DA CORTIÇA NOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS E FÓNICOS

PELO ENG.º ALFREDO B. DE ANDRADE

(Continuação)

C. D. 662.998:674.83

VI — PROBLEMA DO TUBO CILÍNDRICO

A) — *Tubos nús*

Tome-se um tubo cilíndrico de secção circular, de raio r, constituído por um material de condutibilidade térmica K. Suponha-se que no seu interior circula um fluído a uma temperatura θ e que a temperatura do ar exterior é θ_e. A fim de fixar ideias considere-se $\theta > \theta_e$.

Seja θ_{se} a temperatura superficial exterior e θ_{si} a temperatura superficial interior do tubo.

Tomando, então, um comprimento unitário do tubo, os fluxos de energia calorífica transmitidos à superfície interior por convecção e condução, através do tubo por condução e da superfície exterior do tubo para o ar rodeante por condução, convecção e radiação, serão respectivamente:

$$q_1 = h_i \,.\, A\,(\theta - \theta_{si}) = h_i\, \pi\, d_1\, (\theta - \theta_{si})$$

$$q_2 = \frac{2\,\pi\, K\,(\theta_{si} - \theta_{se})}{\operatorname{Log} \dfrac{r_2}{r_1}}$$

$$q_3 = h_e \,.\, A\,(\theta_{se} - \theta_e) = h_e\, \pi\, d_2\, (\theta_{se} - \theta_e)$$

em que:

h_i — é a conductância superficial interior;

r_1, r_2 — são os raios, interior e exterior respectivamente;

h_e — é a conductância superficial exterior;

$d_1 = 2\, r_1$;

$d_2 = 2\, r_2$.

Como se está em regime permanente, tem-se

$$q_1 = q_2 = q_3 = q$$

Logo

$$q\left[\frac{1}{\pi\, d_1\, h_i} + \frac{1}{2\,\pi\, K} \operatorname{Log} \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\pi\, d_2\, h_e}\right] = \theta - \theta_e \;\ldots\ldots \quad (115)$$

ou

$$q = U'\,(\theta - \theta_e)$$

em que

$$U' = \frac{1}{\dfrac{1}{\pi\, d_1\, h_i} + \dfrac{1}{2\,\pi\, K} \operatorname{Log} \dfrac{r_2}{r_1} + \dfrac{1}{\pi\, d_2\, h_e}} \quad (116)$$

é o coeficiente de transmissão total para a unidade de comprimento do tubo.

A resistência térmica que o tubo apresenta por unidade de comprimento será:

$$R_t = \frac{1}{U'} = \frac{1}{\pi\, d_1\, h_i} + \frac{1}{2\,\pi\, K} \operatorname{Log} \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\pi\, d_2\, h_e}$$

logo, é a soma das resistências térmicas superficiais e da resistência do material que constitui o tubo. Em tubos metálicos esta última resistência pode desprezar-se, ficando

$$U' = \frac{1}{\dfrac{1}{\pi\, d_1\, h_i} + \dfrac{1}{\pi\, d_2\, h_e}} \cdot \frac{1}{\pi\, d}\left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}\right) \quad (117)$$

e

$$R_t = \frac{1}{\pi\, d_1\, h_i} + \frac{1}{\pi\, d_2\, h_e} \cdot \frac{1}{\pi\, d}\left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}\right) \quad (118)$$

em que d é o valor do diâmetro médio do tubo.

As condutâncias superficiais são função, como já se disse, das emissividades, das temperaturas, da velocidade do fluido que circula no tubo e da velocidade do vento no exterior.

Como as conductâncias superficiais aumentam com a velocidade do fluido interior e do ar exterior, também U' aumenta.

B) — *Tubos isolados*

Se o tubo se encontra isolado com um cobre tubos de aglomerado negro, este adiciona a sua resisténcia térmica às anteriores e, considerando ainda a unidade de comprimento do tubo, tem-se:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

em que

$$R_1 = \frac{1}{\pi d_1 h_i}$$

$$R_2 = \frac{1}{2\pi K_1} \operatorname{Log} \frac{r_2}{r_1}$$

$$R_3 = \frac{1}{2\pi K_2} \operatorname{Log} \frac{r_3}{r_2}$$

$$R_4 = \frac{1}{\pi d_3 h_e}$$

sendo

R_t — a resistência térmica total por unidade de comprimento;
R_1 — a resistência térmica superficial interior, por unidade de comprimento;
R_2 — a resistência térmica do material do tubo, por unidade de comprimento;
K_1 — o coeficiente de condutibilidade térmica do material do tubo;
r_1 — o raio interior do tubo;
r_2 — o raio exterior do tubo;
r_3 — o raio exterior do cobre-tubos;
K_2 — o coeficiente de condutibilidade térmica do isolante;
R_3 — a resistência térmica do cobre tubos, por unidade de comprimento;
R_4 — a resistência térmica superficial exterior, por unidade de comprimento;

$d_3 = 2r_3$.

Logo

$$R_t = \frac{1}{\pi d_1 h_i} + \frac{1}{2\pi K_1} \operatorname{Log} \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{2\pi K_2} \operatorname{Log} \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\pi d_3 h_e} \quad \text{..... (119)}$$

Em tubos metálicos isolados, em que circula um fluido com certa velocidade, o valor da resistência térmica devido ao efeito superficial na superfície interior e o da resistência térmica do metal são pequenos quando comparados com o da resistência térmica do isolante e, assim, pode fazer-se com boa aproximação:

$$R_t = \frac{1}{2\pi K_2} \operatorname{Log} \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\pi d_3 h_e} \quad \text{..... (120)}$$

e

$$U' = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{\frac{1}{2\pi K_2} \operatorname{Log} \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\pi d_3 h_e}} \quad \text{... (121)}$$

Evidentemente, uma vez que se conheça o valor de U', o fluxo de energia calorífica transmitido através da parede do tubo, por unidade de comprimento, será

$$q = U' (\theta - \theta_e) \quad \text{..... (121)}$$

em que θ é a temperatura do fluido no interior do tubo e θ_e a do ar rodeante.

Condutância superficial exterior

Viu-se por (87) que $h_e = h_{ce} + h'_e$

O valor do coeficiente h , para a convecção natural, pode determinar-se por meio das fórmulas empíricas (82) e (83).

Por (75) e (76) vê-se que $h'_e = h_r F$. O valor de h determina-se por (74). A tabela dos factores de emissividade, apresentada no capítulo IV, indica que se deve fazer $F = e$ no caso de um tubo de diâmetro não muito elevado, que atravesse uma sala e apresente para a superfície exterior uma emissividade e, e

$$F = \frac{1}{\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2} - 1}$$

quando se trata de condutas rectangulares que ocupam quase uma sala ou um túnel, em que e_1 é a emissividade da superfície do tubo e e_2 a da superfície da sala ou do túnel.

De (74), (82) e (83) vê-se que é necessário conhecer o valor da temperatura superficial exterior do tubo [1] a fim de se determinar h_{ce} e h_r. Por outro lado, se o tubo se apresenta isolado (Fig. 21), é também necessário conhecer a temperatura média a que o aglomerado negro se encontra submetido, a fim de dar ao coeficiente de condutibilidade térmica o valor adequado. Já se disse que a resistência térmica da parede metálica do tubo se pode desprezar e considerar que o cobre-tubos de aglomerado negro está submetido à d. d. t. $\theta - \theta_{se}$.

A fim de vencer esta dificuldade arbitra-se para θ_{se} um valor aceitável. Toma-se o valor do coeficiente de condutibilidade térmica do aglomerado negro para a temperatura média $\frac{\theta + \theta_{se}}{2}$, calcula-se o valor de h_e e determinam-se os valores da resistência térmica do isolante R_3 e a devida ao efeito da superfície exterior R_4. Para estes valores de R_3 e R_4, o fluxo de energia calorífica através da unidade de comprimento do tubo é:

$$q = \frac{\theta - \theta_e}{R_3 + R_4} = \frac{\theta - \theta_e}{R_t}$$

(1) No caso do tubo estar isolado, a expressão temperatura superficial do tubo refere-se, evidentemente, à temperatura superficial do isolante.

Com este valor de q calculam-se as quedas de temperatura

$$\Delta\theta_3 = q R_3 = \theta - \theta'_{se}$$

$$\Delta\theta_4 = q R_4 = \theta'_{se} - \theta_e$$

nas resistências R_3 e R_4 e, assim, obtém-se novo valor θ'_{se} para a temperatura superficial exterior. Com este valor volta-se a repetir o cálculo e assim

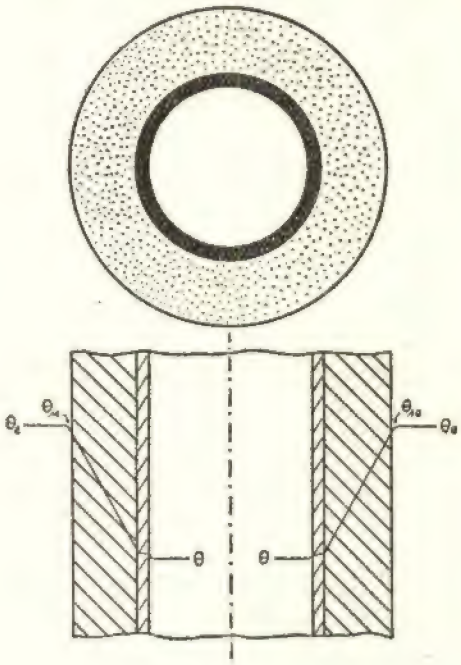


Fig. 21

sucessivamente até que o valor obtido para a temperatura superficial exterior já não varie. Na prática, uma ou duas tentativas conduzem a um resultado satisfatório.

Isolamento contra a condensação

A mínima espessura a dar ao isolamento de um tubo em que circula um fluido, com certa velocidade e a uma dada temperatura θ inferior à temperatura θ_e do ar ambiente, é, como já se viu no caso dos muros, aquela para a qual a temperatura

superficial é igual à temperatura θ_o do ponto de orvalho para o ar rodeante.

Seja R a resistência, por unidade de comprimento do cobre-tubos e R_s a resistência superficial exterior, por unidade de comprimento do tubo, devida aos efeitos conjugados da convecção e da radiação. Desprezando os valores da resistência térmica superficial interior e a do metal, pode escrever-se

$$\frac{R}{R_s} = \frac{\theta_o - \theta}{\theta_e - \theta_o} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (123)$$

Substituindo os valores de R e de R_s, vem

$$\frac{\dfrac{1}{2\pi K} \operatorname{Log} \dfrac{r_2}{r_1}}{\dfrac{1}{2\pi r_2 h_e}} = \frac{\theta_o - \theta}{\theta_e - \theta_o}$$

ou

$$r_2 \operatorname{Log} \frac{r_2}{r_1} = \frac{K}{h_e} \frac{\theta_o - \theta}{\theta_e - \theta_o} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (124)$$

Dividindo ambos os membros de (124) por r_1, tem-se

$$\frac{r_2}{r_1} \operatorname{Log} \frac{r_2}{r_1} = \frac{K}{r_1 h_e} \frac{\theta_o - \theta}{\theta_e - \theta_o}$$

em que r_1 é o raio interior do cobre-tubos, o qual na prática se pode considerar igual ao raio exterior do tubo metálico, e r_2 é o raio exterior. Atendendo a que Log N = 2,3 log N, tem-se

$$\frac{r_1}{r_2} \log \frac{r_1}{r_2} = \frac{K}{2{,}3\, r_1 h_e} \frac{\theta_o - \theta}{\theta_e - \theta_o} \quad \ldots\ldots \quad (125)$$

Designando o primeiro membro de (125) por X

$$X = \frac{r_2}{r_1} \log \frac{r_2}{r_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (126)$$

vê-se que uma vez calculado este valor, o que se faz efectuando as operações indicadas no segundo membro de (125), X dá a relação $\frac{r_2}{r_1}$ e portanto a espessura mínima do isolamento e $\geq r_2 - r_1$.

Já se viu que $h_e = h_{ce} + F\, h_r$, sendo o valor de h_{ce} calculado pelas expressões (82) e (83) que exigem o conhecimento do diâmetro exterior do tubo isolado. A fim de tornear esta dificuldade arbitra-se para a espessura do isolante um certo valor que servirá para calcular h_{ce} e a espessura mínima correspondente.

Com o valor obtido para a espessura mínima repete-se o cálculo, partindo-se agora do correspondente valor do diâmetro exterior, obtendo-se novo valor de h_{ce} e da espessura mínima. E assim sucessivamente.

Na prática a realização de uma ou duas tentativas conduz a um resultado satisfatório.

É útil ter uma tabela de valores, da função $X = X\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$ a qual é fácil de construir. Assim mostram-se a seguir alguns valores e a forma de se realizar a referida tabela.

TABELA

$\frac{r_2}{r_1}$	$\log \frac{r_2}{r_1}$	$X = \frac{r_2}{r_1} . \log \frac{r_2}{r_1}$
1,0	0	0
1,1	0,04139	0,046
1,2	0,07918	0,095
1,3	0,11394	0,148
1,4	0,14613	0,205
1,5	0,17609	0,264
1,6	0,20412	0,327
1,7	0,23045	0,392
1,8	0,25527	0,459
1,9	0,27875	0,530
2,0	0,30103	0,602
2,1	0,32222	0,677
2,2	0,34242	0,753
2,3	0,36173	0,832
2,4	0,38021	0,913
2,5	0,39794	0,995
3,0	0,47712	1,431
4,0	0,60206	2,408
5,0	0,69897	3,495
6,0	0,77815	4,669
7,0	0,84510	5,916

Exemplo: — Determinar a espessura mínima a dar ao isolamento de um tubo de aço em que circula uma salmoura a -10° C, encontrando-se o ar ambiente a 20° C e com uma humidade relativa de 75 %.

Diâmetro nominal do tubo: 5,0 cm.
Diâmetro exterior: 6,0 cm.
Emissividade superficial: 0,9.

Resolução

a) Temperatura do ponto de orvalho:

Esta temperatura para o ar a 20° C e uma humidade relativa de 75 % é de 15,4° C.

b) Coeficiente de condutibilidade térmica:

O aglomerado negro fica submetido a uma temperatura média de 2,7° C, podendo-se tomar

$$K = 0{,}033 \text{ Kcal/m.h.°C}$$

c) Conductância superficial exterior:

Arbitrando para a espessura do isolamento 6 cm, obtém-se um diâmetro exterior de

$$6{,}0 + 12{,}0 = 18{,}0 \text{ cm}$$

1) Coeficiente superficial para a convecção:

$$h_c = 0{,}966 \left(\frac{20 - 15{,}4}{0{,}18}\right)^{0{,}25} = 2{,}172 \text{ Kcal/m.}^2 \text{ h °C}$$

2) Coeficiente superficial para a radiação:

Como as dimensões do diâmetro exterior são pequenas em relação às de uma sala normal, faz-se:

$$F = e_1$$

O coeficiente de radiação para as condições do corpo negro é (74)

$$h_r = 4{,}9 \times 10^{-9} \frac{(273+20)^4 - (273+15{,}4)^4}{20 - 15{,}4} = 4{,}815 \text{ Kcal/m.}^2 \text{ h. °C}$$

3) Logo:

$$h_e = h_c + e\, h_r = 2{,}172 + 0{,}9 \times 4{,}815 = 6{,}506 \text{ Kcal/m.}^2 \text{ h. °C}$$

d) Determinação de X:

$$X = \frac{0{,}033}{2{,}3 \times 0{,}03 \times 6{,}506} \cdot \frac{15{,}4 - (-10)}{20 - 15{,}4} = 0{,}406$$

e) Espessura mínima do isolamento:

Para este valor de X, a tabela indica:

$$\frac{r_2}{r_1} = 1{,}8$$

Assim

$$r_2 = 1{,}8 \times 3 = 5{,}4 \text{ cm}$$

o que corresponde a uma expessura mínima de

$$e \geqq 5{,}4 - 3{,}0 = 2{,}4 \text{ cm}$$

Tomando agora este valor da espessura, o diâmetro exterior de 6,0 + 4,8 = 10,8 cm emprega-se em nova tentativa:

$$h_{ce} = 0{,}966 \left(\frac{20 - 15{,}4}{0{,}11}\right)^{0{,}25} = 2{,}457 \text{ Kcal/m.}^2 \text{ h. °C}$$

Logo

$$h_e = 2{,}457 + 4{,}334 = 6{,}791 \text{ Kcal/m.}^2 \text{ h. °C}$$

e assim

$$X = \frac{0{,}033}{2{,}3 \times 0{,}03 \times 6{,}791} \cdot \frac{15{,}4 - (-10)}{20 - 15{,}4} = 0{,}389$$

Após a correcção realizada vê-se que

$$\frac{r_2}{r_1} = 1{,}7$$

isto é

$$r_2 = 1{,}7 \times 3 = 5{,}1 \text{ cm}$$

e portanto a espessura mínima é de

$$5{,}1 - 3{,}0 = 2{,}1 \text{ cm}$$

Resumindo:

$$e \geqq 2{,}1 \text{ cm}$$

Plano do aproveitamento hidro-eléctrico do Cávado e Rabagão

C. D. 621.311.21

Pela sua oportunidade e interesse inserimos neste número da *Técnica* esta breve notícia sobre um plano de aproveitamento hidro-eléctrico cuja realização se encontra em pleno curso, como o atesta a recentemente inaugurada central de Vila Nova e a já iniciada laboração do estaleiro de Salamonde.

A região onde se situam as bacias hidrográficas do Cávado e do Rabagão, seu tributário, é das mais acidentadas do país. Encravada em pleno sistema galaico-duriense, raiando com a Espanha, esta zona do Alto Minho e Trás-os-Montes beneficia ainda, sob o ponto de vista hidro-eléctrico, de uma pluviosidade média anual que não encontra igual em qualquer outra região de igual extensão no país. Possuindo além disso uma constituição rochosa muito escarpada, embora profundamente alterada em largas manchas, e um clima constantemente fresco e húmido, tanto o coeficiente como o deficit de escoamento são propícios ao armazenamento de consideráveis massas de água que, de outro modo, flagelariam em ondas de cheia concentradas toda a extensão dos vales.

Os esquemas gerais, em planta e alçado, que apresentamos (fig. 1 e 2), extraídos das publicações de propaganda da H I C A, esclarecem as linhas gerais do aproveitamento estudado, no seu conjunto. O respectivo Plano Geral foi elaborado pela Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos e apresentado em 1 944 ao Governo, conjuntamente com o Ante-Projecto do primeiro Escalão, há pouco inaugurado. Este Plano Geral comporta quatro barragens de diferentes tipos que com as respectivas albufeiras, obras de derivação e centrais constituem os quatro escalões sucessivos em que o plano foi dividido para a sua realização completa.

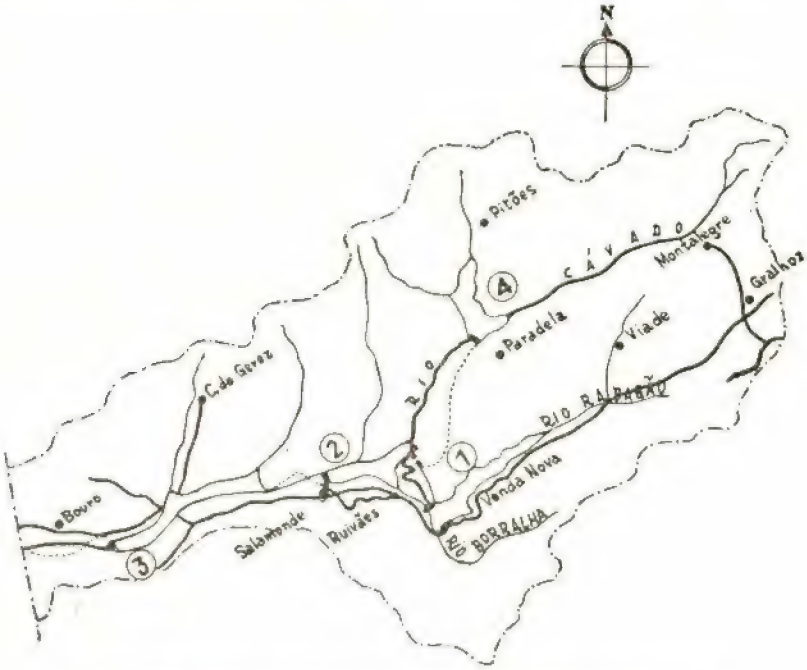


Fig. 1 — Esquema em planta do aproveitamento hidro-eléclrico dos rios Cávado e Rabagão

1 — Escalão de Venda Nova
2 — Escalão de Salamonde
2 — Escalão de Caniçada
4 — Escalão de Paradela

O 1.° e 4.° Escalões — Paradela, no Cávado e

Barragem de Venda Nova

EMPREITEIROS GERAIS

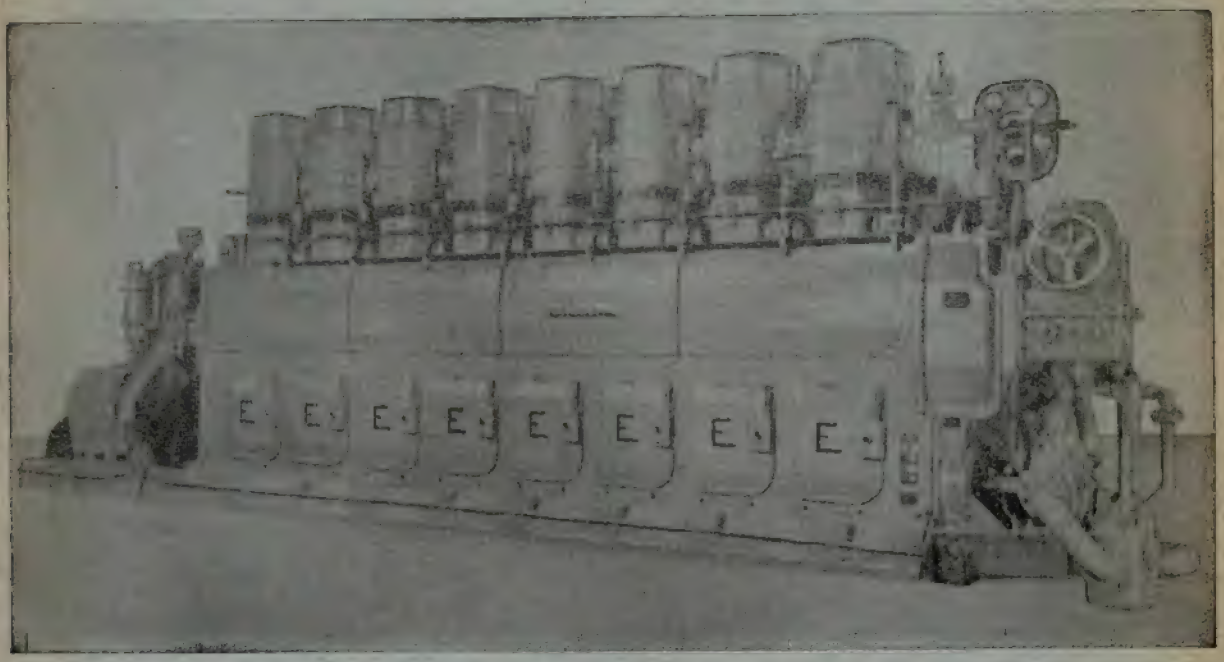
SOGEL-CAP

Rua 1.º de Dezembro, 2-B, 2.º
Telef. 25686 e 30040
LISBOA

Contratos para trabalhos de engenharia
Trabalhos hidráulicos, Obras marítimas, Pontes,
Construções industriais, Terraplenagens

ENTERPRISE

ENGINE & FOUNDRY COMPANY — U. S. A.



MOTORES DIESEL MARÍTIMOS — MOTORES DIESEL ESTACIONÁRIOS

GRUPOS DIESEL-GERADOR

45 a 2100 HP — **200 a 850 RPM** — **3 a 8 cilindros**

- Bloco de cilindros fundido numa só peça.
- Base fundida numa só peça.
- Camisas em contacto directo com a água.
- Cabeças de cilindro individuais.
- Cambota em aço forjado.
- Tirantes em aço forjado, Tipo marítimo.
- Bombas de injecção individuais.
- Válvulas em aço « SILICHROME »
- Lubrificação forçada.
- Balanceiros com sistema hidráulico para eleminação de folga.
- Válvula de arranque em todos os cilindros.
- Com ou sem sobre-alimentação.

CONSTRUÇÃO ROBUSTA — SERVIÇO CONTÍNUO — ECONOMIA

REPRESENTANTES:

• TERMO-MECANICA •

LIMITADA

AVENIDA ALMIRANTE REIS, 247, 1.º — **LISBOA**

Venda Nova, no Rabagão — contribuem com os seus caudais em paralelo para a alimentação dos quatro grupos geradores da central de Vila Nova. Dois destes grupos já se encontram funcionando alimentados pela albufeira da Venda Nova, o 3.º está a ser montado, e o 4.º só virá a ser montado na última fase do plano, após a construção da barragem de Paradela. A albufeira criada por essa barragem será ligada por um túnel em pressão à chaminé de equilíbrio já construída sobre Vila Nova.

Esta última central situa-se na margem esquerda do Cávado a 1 700 m a montante da confluência com o Rabagão e cada um dos seus grupos geradores é constituído por um alternador accionado por duas turbinas Pelton gémeas; a tensão nominal deste alternador é de 11 kV e 32 000 kVA é a sua potência contínua, fornecendo os quatro grupos um total de 128 000 kVA e uma energia permanente anual de 150 milhões de kWh por cada albufeira alimentadora.

O segundo escalão, com as obras já em curso, é o de Salamonde, situado sobre o Cávado, de tal modo que o seu regolfo máximo atingirá a central de Vila Nova.

A característica fundamental deste Escalão é a sua central subterrânea, a primeira do país, próxima da albufeira, na margem esquerda, equipada apenas com dois grupos geradores accionados por turbinas Francis de 30 000 HP cada uma. O acesso será feito directamente na vertical por um poço e eventualmente por uma rampa de emergência começada próximo do paramento de jusante da barragem e já em execução. Este escalão fornecerá 130 milhões de kWh anuais. A sua execução imediata pretende vir a beneficiar quanto antes do caudal regularizado da central de Vila Nova; isso fará baixar sensìvelmente o custo da energia. Quanto ao terceiro escalão — o da Caniçada — será o mais considerável pelo volume armazenado, pelo caudal regularizado permanente (26 ^{m3}/sg) e pela produção anual — 180 milhões de kWh. Encontra-se ainda em estudo para execução.

No seu conjunto este plano assegura a produção global de 610 milhões de kWh anuais. Este volume de energia beneficiará directamente não só o norte do país como ainda debitará na rede geral em favor de outras regiões menos privilegiadas. Imediatamente influirá no abastecimento da indústria do Porto, que se encontrava periclitante e na recente indústria do amoníaco.

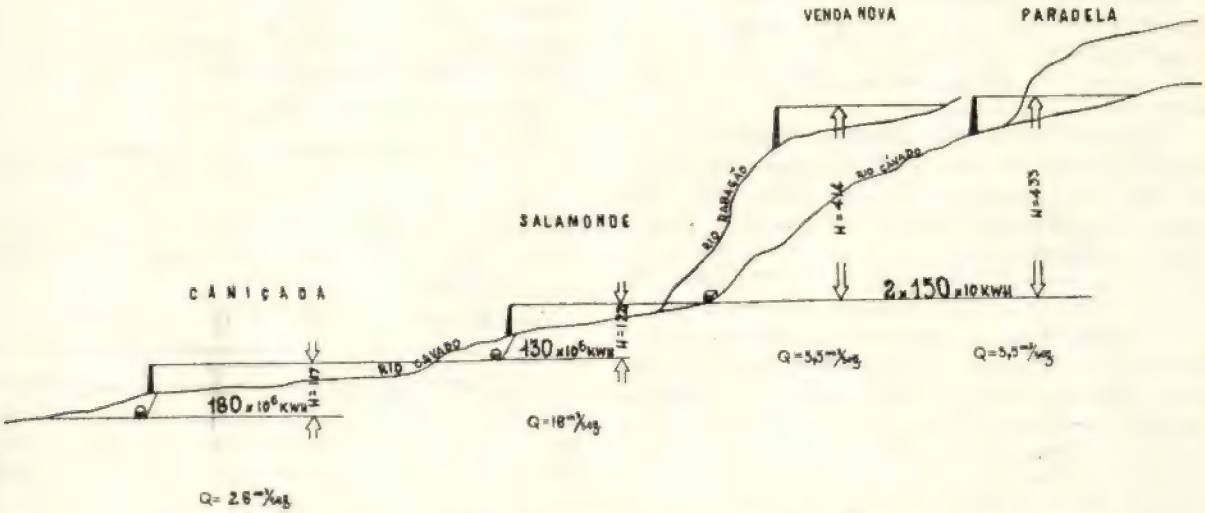


Fig. 2 — Esquema em alçado do aproveitamento hidroeléctrico dos rios Cávado e Rabagão. — Na produção de energia mencionada nos aproveitamentos da Caniçada e Salamonde entra-se em linha de conta com a regularização proveniente da construção de Paradela

DO MUNDO TÉCNICO

O níquel e as suas ligas na indústria vinícola

C. D. 663.255:669.24

A indústria vinícola é de primeira importância na economia portuguesa e por isso o emprego de metais e ligas inoxidáveis na construção da sua aparelhagem é de encarar. Na França por exemplo a sua utilização aumenta de dia para dia.

A preparação dos vinhos desde a vindima ao engarrafamento exige um material de fácil limpeza quer para facilidade de despejo de resíduos quer para a luta contra os microorganismos. É evidente que todo o material susceptível de ser ou vir a ser poroso ou rugoso por corrosão, é desaconselhável. Por outro lado o material metálico ou não, deverá não deixar passar aos vinhos produtos de corrosão, em particular o ferro e cobre, que provocam fenómenos de quebra. O ferro pode provir de diferentes fontes: terra originária da vindima, manipulações em recipientes ferrosos mal protegidos, fendilhamento de cuvas em cimento armado, bombas de ferro fundido, cintas de cuvas, fendilhamentos de esmalte por choques, etc. O cobre provém dos seus sais empregados no tratamento das vinhas, de bombas em bronze, tubagens em cobre, aparelhos de cobre de desulfuração ou pasteurização, etc.

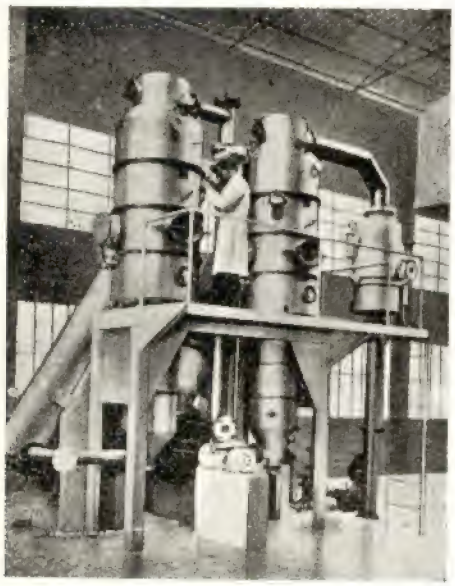


Fig. 1

Ainda sobre outro aspecto pode ser digno de interesse utilizar metais dotados de características mecânicas elevadas a fim de construir aparelhos menos maciços permitindo ganhos em peso e em arrumação.

Se examinarmos o comportamento dos produtos contendo níquel na indústria vinícola constatamos por ordem de interesse:

I — Aços inoxidáveis

Por aços inoxidáveis entende-se os do tipo 18/8 contendo 18 % de crómio e 8 % de níquel. Existem muitas variedades: correntes, contendo 3 % de molibdénio (18/8 3), contendo ou silício, ou tungsténio, etc.

a) Características mecânicas boas:

		Temperado	Trabalhado a frio
Resistência mecânica	R	65 kg/mm²	140 kg/mm²
Limite elástico	E	22 kg/mm²	100 kg/mm²
Enlongamento	A	40 %	5 %
Dureza Brinell	HB	140	250

Para soldadura a fim de evitar a corrosão cristalina motivada pela precipitação de carbonetos de crómio usa-se em geral 2 variedades: uma com baixo teor em carbono ($C < 0{,}5$ %), outra estabilizada pelo titânio.

b) Comportamento á corrosão:

— Bom comportamento aos ácidos sulfuroso, sulfúrico e sulfídrico, quer em meio aéreo quer carbónico. Por exemplo, para os vinhos brancos, os mais ricos em SO_2, lâminas completamente imersas perdem de peso à temperatura ordinária:

Ácido sulfuroso (mg/l)	Perda de peso g/m²/h	
	atmosfera aérea	atmosfera carbónica
14	0	0
150	0	0,0008
300	0,0016	0,0008
450	0,0017	0,0010

Para o sulfúrico em concentrações superiores a 5 % e a quente terá de se usar a variedade 18/8/3.

— Comportamento aos ácidos orgânicos:

Acético: O 18/8 resiste bem a frio para quaisquer concentrações. A quente teremos de usar o 18/8/3 ao molibdénio, que mesmo para soluções ferventes tem uma taxa de corrosão inferior a 0,1 g/m²/h.

Ácido tartárico, málico, cítrico e succínico: Para soluções quentes ou bastante concentradas é preferível usar o 18/8/3 que resiste muito bem.

— Comportamento às salmouras de refrigeração:

Salmouras de cloretos: O 18/8 é bastante sensível especialmente nas regiões soldadas o que se

pode remediar usando 18/8/3 com baixo teor em carbono ou estabilizado pelo titânio e ainda juntando um oxidante à salmoura, como por exemplo um cromato.

Salmouras de nitratos: Bom comportamento.

c) Outras características:

— Facilidade de lavagem e combate contra os microorganismos: O aço apresenta uma superfície brilhante e polida.

— Não altera o gosto nem a cor dos vinhos

b) Comportamento à corrosão:

Comporta-se tão bem ou pelo menos quase tão bem como o aço inoxidável. Resiste pior ao sulfúrico e ao ácido acético, para concentrações elevadas e a quente, do que o 18/8/3. Resiste porém explendidamente a salmouras de cloretos e dado o seu teor em ferro não provoca a passagem deste aos vinhos. Os vinhos recebem mais níquel mas apenas em quantidades que não os prejudicam. É superior ao aço no que diz respeito a contactos prolongados.

Fig. 2

— Tem fraca condutibilidade térmica o que é atenuado pela possibilidade de construir paredes muito delgadas dada a sua resistência mecânica.

d) Conclusão:

O aço inoxidável é um excelente material para a indústria vinícola, sendo utilizável em todos os casos para o que basta escolher a variedade conveniente. As suas características mecânicas permitem uma economia de peso em transportes e uma grande facilidade de arrumação da aparelhagem; o excelente comportamento à corrosão e a superfície brilhante dão-nos uma facilidade de limpeza e portanto de utilização com vários produtos, etc. Por tudo isto é hoje utilizado com aparelhos de tratamento, bombas, refrigeradores, eixos, tubos, máquinas de engarrafamento, cubas, etc.

II — Inconel

O inconel é uma liga com 80 % de níquel, 14 % de crómio e 6 % de ferro.

a) Características mecânicas:

São semelhantes ao aço inoxidável com melhor maleabilidade e uma soldadura perfeitamente estável.

c) Outras características:

Facilidade de lavagem e combate aos microorganismos idêntica ao aço, posto que a sua superfícies e mantém brilhante e polida.

d) Conclusão:

Excelente material (menos económico que o aço) especialmente usado em reservatórios de tratamento e stokagem, refrigerantes, tubos, pasteurizadores, etc. A sua superior maleabilidade torna-o mais trabalhável que os aços, especialmente no fabrico de tubos, e ainda permite o seu uso laminado para revestimentos.

III — Outros produtos

Usam-se ainda na indústria vinícola revestimentos de níquel em placas ou eletrolíticos, o mónel (67 % de níquel, 28 % de cobre), o cupro-níquel 70/30, ligas de cobre-níquel-zinco com 7 a 35 % de níquel, ferros fundidos austenísticos com 14 % de níquel, 6 % de cobre e 3 % de crómio, que não dando os resultados das ligas anteriores permitem em certos casos secundários soluções económicas.

[Condensado da "Revue du Nickel" N.º 2 — 1 950 (P. Arbellto)]

A "Metadínamo" ao serviço da indústria

C. D. 621.313.2

1) Funcionamento

A Metadínamo é uma máquina de corrente contínua com características especiais. Descoberta por volta de 1 920 foi modificada e muito empregada durante a guerra e continua a empregar-se com muita frequência como solução de problemas de comando automático e semi automático.

O artigo de onde se extraiu a presente notícia, refere-se à metadínamo nas suas funções de geradora. A figura 1 mostra o esquema prático de uma máquina bipolar; dois polos, cada um com dois terminais, e 2 linhas de escovas; as escovas que constituiriam a saída numa máquina vulgar, estão curto-circuitadas, e a saída faz-se pelas escovas em quadratura.

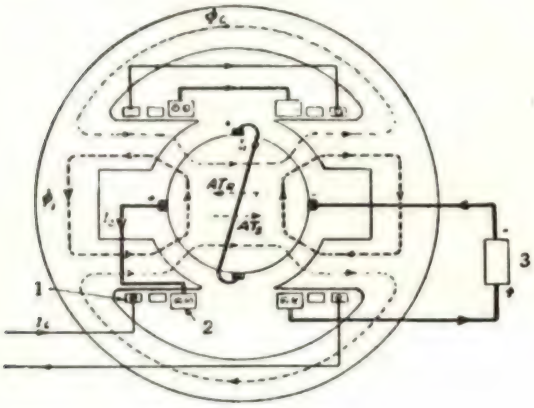


Fig. 1

Esquemàticamente, o funcionamento é o seguinte: a excitação polar provoca o fluxo ϕ_c e com a máquina em movimento aparece a corrente I_1 de curto-circuito; o fluxo ϕ_1 de reacção do induzido encontra um circuito de fecho fácil devido à posição dos terminais polares e é este fluxo que vai originar uma tensão entre as escovas de saída. Vê-se que ϕ_1 é afinal o fluxo principal, e ϕ_c apenas um fluxo de comando que deve ser fraco para não provocar uma corrente I_1 exagerada. Temos ainda que contar com a reacção do induzido devida à corrente de carga AT_R, que por ser oposta ao fluxo de comando ϕ_c, vai actuar como retroacção negativa.

Não compensando esta reacção, a metadínamo dará, na parte não saturada da sua característica, uma corrente de saída sensìvelmente proporcional à excitação de comando e independente da tensão de saída. Dispondo de um enrolamento compensador em série com a carga pode anular-se essa reacção ou até sobrecompensar a máquina atingindo-se então a máxima sensibilidade, que se manifesta pela pendente quási vertical da característica na região não saturada.

Outra característica importante da metadínamo é a rapidez de resposta às variações da excitação de comando devido à baixa constante de tempo do circuito em quadratura. Para melhorar essa rapidez por eliminação de correntes parasitas, é conveniente construir a máquina em chapa.

2) Aplicações

Comando de tensão com limite de corrente

Até uma potência de cerca de 15 KW pode empregar-se a metadínamo como gerador directo, mas daí em diante convém utilizá-la como excitatriz de uma geradora de tensão variável.

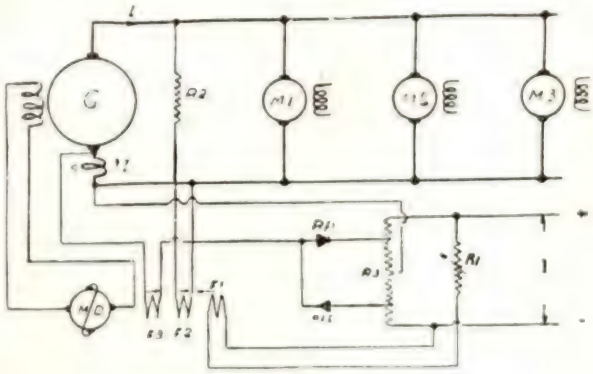


Fig. 2

A figura 2 ilustra o caso da alimentação de vários motores em que a máxima sobrecorrente não deve exceder determinado valor. Ao enrolamento F_1 aplica-se a excitação ajustável de referência, e a F_2 a excitação de comando em oposição com F_1, de tal maneira que tende a manter quási nula a excitação resultante; R_1 serve para ajustar o nível de saída. O limite de corrente é dado pela excitação do enrolamento F_3 que devido aos rectificadores de bloqueio Rf_1 e Rf_2 e ao potenciómetro de referência R_3, só actua, quando a corrente chega ao limite previsto, diminuindo então a tensão para manter a corrente constante.

Comando de corrente constante, com limitador de tensão

O esquema é simétrico do anterior. F_1 continua com a excitação ajustável de referência, F_2 passa a ser excitado pela corrente de carga (aliás, por uma fracção dela) e o limitador de tensão é semelhante ao limitador de intensidade; compara-se a tensão da geradora com uma tensão padrão, e quando a excede, os rectificadores de bloqueio deixam passar a corrente de excitação de F_3.

Comando de velocidade

Em certas aplicações especiais é necessário um grau muito elevado de precisão, e então é necessária

uma maior amplificação do que a que se pode obter com uma só metadínamo; o método mais vulgar utiliza circuitos electrónicos de comando excitando a metadínamo. A figura 3 mostra o esquema de um caso em que se requere que cada motor marche com um escorregamento ajustável em relação ao anterior.

num tambor com velocidade e tensão constantes; o motor que acciona o tambor deve por isso diminuir a velocidade à medida que aumenta o diâmetro por acumulação de material.

Como a tensão e velocidade constantes da folha laminada correspondem a uma potência constante no

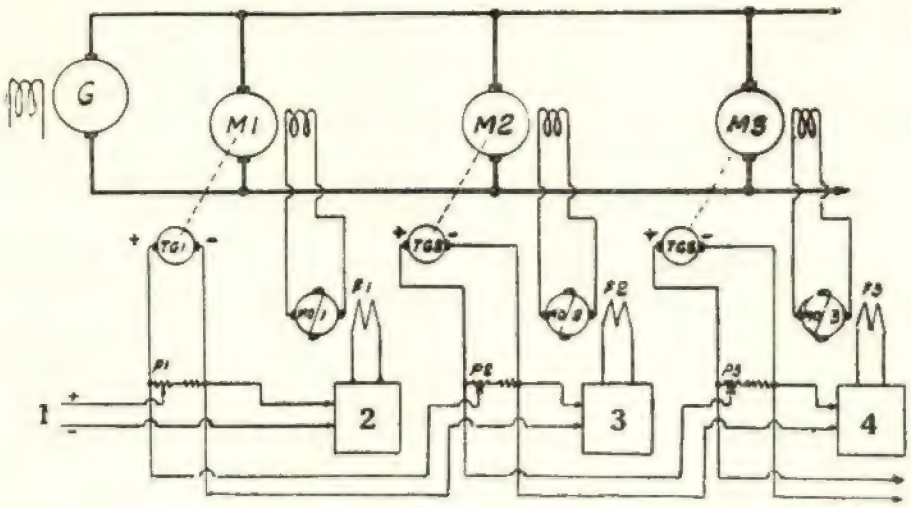


Fig. 3

O comando individual da velocidade dos motores obtém-se excitando-os com uma metadínamo. No 1.º motor (M_1) a excitação da metadínamo obtém-se amplificando a diferença entre a tensão do gerador-taquímetro TG_1 e uma tensão padrão. Nos outros motores o que se amplifica é a diferença entre as tensões dos geradores-taquímetros do motor que se está a regular e do anterior. Os potenciómetros P_1, P_2 ... permitem a regulação fina das velocidades relativas.

Deu-se a denominação registada de Metrolock aos sistemas em que as velocidades dos motores se mantêm com relações dadas entre si. O esquema da fig. 3 é uma variante Metrolock.

Comandos de tensão mecânica

A fig. 4 refere-se a uma montagem para uma indústria de folha de aço ou alumínio, ou ainda de papel ou telas. É necessário que a folha produzida seja enrolada

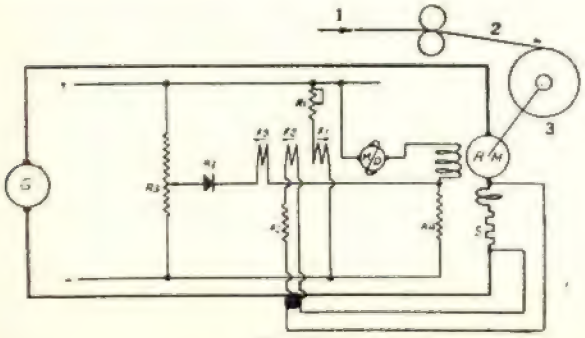


Fig. 4

motor desprezando a variação de perdas, deduz-se que se obtém o resultado desejado se se mantiverem constantes a tensão e a corrente no motor.

Para isso, a tensão da geradora G é mantida proporcional à velocidade da folha, e a excitação do motor é regulada por uma metadínamo de maneira a manter-se

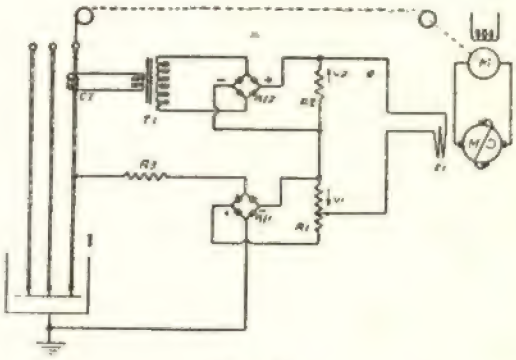


Fig. 5

constante a corrente. Isto é conseguido muito aproximadamente, com uma excitação de referência em F, e uma excitação diferencial em F_2 tirada dum shunt ampèremétrico S; o nível da corrente no motor é regulável por intermédio do reóstato R_1. A excitação do enrolamento F_3 serve para manter uma excitação mínima no motor, mesmo no caso de se partir a folha laminada; o valor dessa excitação mínima é regulável no potenciómetro R_3.

A fig. 5 mostra a aplicação da metadínamo no comando dos eletrodos de um forno de arco com o fim de manter a corrente num valor constante. Este novo sistema permite um comando muito mais suave e rápido das correntes do forno, especialmente durante o período de fusão.

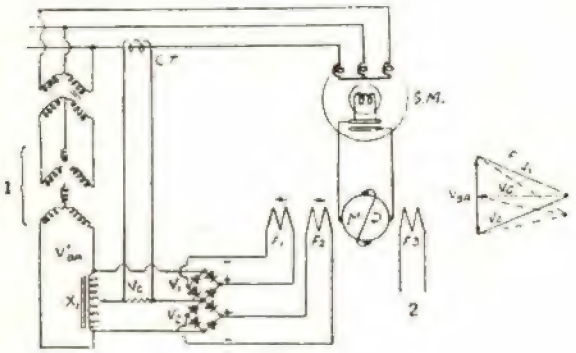


Fig. 6

O motor M acciona o mecanismo que levanta e baixa um electrodo, e o seu induzido é alimentado por uma metadínamo. A excitação desta máquina é obtida pela diferença entre as tensões V_1 e V_2, respectivamente proporcionais à tensão e corrente no electrodo a regular. Se a corrente tende a crescer, V_2 supera V_1 e a metadínamo entrega potência ao motor para levantar o electrodo; anàlogamente uma diminuição da corrente inverte a saída da metadínamo e faz descer o electrodo. O nível da corrente pode ajustar-se no reóstato R_1.

Excitando os compensadores sincronos, em particular os de potência superior a 1 000 CV, com uma metadínamo accionada a velocidade constante pode obter-se uma regulação automática dos KVA reactivos. A fig. 6 mostra um esquema desta aplicação.

A tensão de referência V'_{BR} é obtida por meio de transformadores de tensão e de um regulador de fase, e é depois aplicada a um reactor com derivação central, X_1. Sobre uma resistência desenvolve-se a tensão V_c proporcional à corrente de linha.

As tensões V_1 e V_2 que representam a soma e a diferença vectorial destes sinais, são rectificadas e aplicadas aos enrolamentos de excitação da metadínamo F_1 e F_2 de modo que os amp.-espiras estejam em oposição. O sistema regulador está equilibrado quando $V_1 = V_2$, ou seja quando o vector corrente seja perpendicular ao vector de referência. Quando o factor de potência sofrer alteração desaparece o equilíbrio entre F_1 e F_2, e a metadínamo excita o motor sincrono S. M. de maneira a repor o cos φ no seu valor primitivo.

O valor de cos φ é regulável por intermédio do regulador de fase.

* * *

O artigo de onde foi extraída a presente notícia trata ainda da estabilidade de marcha da metadínamo, apresentando vários esquemas de ligações para a obter.

A. A. L. Bentall

Revista Electrotécnica, Maio de 1950, págs. 195/208

BIBLIOTECA

REFERÊNCIAS SOBRE LIVROS RECEBIDOS

C. D. 534:621

Theory of Vibrations for Engineers — *E. B. Cole.*
Editor — Crosby Lockwood & Son — London.

O autor trata neste seu livro da teoria geral das vibrações que expõe com grande clareza e justeza de princípios, tornando-a assim particularmente interessante e de consulta proveitosa para os engenheiros mecânicos e electrotécnicos, principalmente. Imensas aplicações numéricas esclarecem o problema que já de si é tratado por forma a ser de fácil apreensão.

Divide-se o livro em XIII capítulos em que sucessivamente vão sendo tratados os seguintes assuntos:

Movimento harmónico simples — sistemas só com um grau de liberdade — Nós — Sistemas com muitos graus de liberdade. Nós de vibração. Vibrações amortecidas — Vibrações em eixos pesados — Vibrações forçadas — Vibrações em sistemas com vários graus de liberdade para uma única força — Aplicações práticas dos sistemas de vibração — Vibrações em motores de mais de um cilindro — Eliminação e absorção de vibrações — Efeitos das cargas dinâmicas num sistema elástico — Ondas — Vibrações Transversais em vigas. — Veios sujeitos a grande número de rotações.

Constitui assim a teoria das vibrações do autor um livro de grande utilidade para consulta em todos os casos em que se apresentam problemas de vibrações e necessidade do seu amortecimento, problemas esses correntes na vida do Engenheiro.

C. D. 627.82

Houille Blanche — *Número consagrado ao Génissiat.*

Volume luxuoso, com 296 páginas e 225 ilustrações, constitui uma monografia completa da notável obra da barragem e central do Génissiat.

Abre com um breve editorial de G. Tournier, Director-Administrador da «Compagnie Nationale du Rhône».

Desenvolve seguidamente os diversos aspectos da realização, assim divididos: a concepção do Génissiat, a construção civil, e o equipamento hidroeléctrico.

Na 1.ª parte — concepção do Génissiat — M. Henry expõe o projecto e os diversos problemas que se puseram na sua elaboração. Num segundo artigo, outros autores desenvolvem o estudo geológico que antecedeu a realização.

Na 2.ª parte, dedicada à construção civil, diversos autores abordam sucessivamente os seguintes temas: uma visão de conjunto, trabalhos preliminares e trabalhos definitivos.

Nestes artigos sucessivos, expõe-se em pormenor: as primeiras instalações, a execução de subterrâneos, a colocação em seco do leito do Ródano, funcionamento do estaleiro, a construção da barragem, das tomadas de água e dos evacuadores de cheias.

Na 3.ª parte — o equipamento hidroeléctrico — outros autores desenvolvem os seguintes temas: condutas forçadas, evacuador de cheias e descarregador de fundo, turbinas e acessórios, e equipamento electrico da central.

A revista fecha com um breve artigo de P. Delattre, Director-Geral da «Compagnie National du Rhône», sobre a exploração e o futuro do Génissiat.

FICHEIRO

LIVROS

C. D. 526.918.5

Traité de Photogramétrie — *Zeller.*
Société de Vente H. Weld, Heerburg — 1948, vol I, págs. 316.

C. D. 535.1/5 (076)

Problemas de hidráulica aplicada — *Otto Streck.*
Labor, 1948, vol. I, págs. 368.

C. D. 629.135.2 (047)

The aviation engine — *F. R. Banks.*
The Institution of Mechânical Engineers, 16-2-951, págs. 3-15.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. 518.5

Emprego das Réguas de Cálculos nas Expressões não Logarítmicas — *Gastão de Oliveira Gonçalves e Amarílio Carvalho de Oliveira Santos.*
Revista do Clube de Engenharia, 9-950, vol. XXIII, n.º 169, págs. 275 a 277.

C. D. 530.1.001.1

Sobre os conceitos actuais de matéria, energia e massa — *Miguel A. Catalán.*
Gazeta de Física, Out. 1947, vol. I, n.º 5, págs. 131 a 135.

C. D. 532.13 : 621.89

Influência de la temperatura en la viscosidad desde el punto de vista de la lubrificación — *Leopoldo Carrillo Laredo.*

Ion, Nov. 1950, vol. 10, n.º 110, págs. 528.

C. D. 536.2

A transmissão do calor por convecção — *Eng.º Joaquim Avelar.*

Revista do Clube de Engenharia, 9-950, vol. XXIII, n.º 169, pág. 265 a 273.

C. D. 539.15 (072)

Impianto ad alta tensione per richerche sull'atomo — *Edoardo Amaldi.*

Gazeta de Física, Out. 47, vol. I, n.º 5, págs. 138-144.

C. D. 539.413

Calcul des tubes cylindriques de révolution d'épaisseur variable, sollicités a la flexion circulaire — *Jacques Paschoud.*

Bulletin Technique de la Suisse Romaude, 27-1-951, n.º 2, págs. 13-20.

C. D. 544.6

El espectrómetro de masa para el análisis de los hidrocarburos — *F. Bertein e J. Vastel.*

Revista Electrotécnica, 10-950, vol. 36, n.º 10, págs. 384-393.

C. D. 546.742.004

Caractéristiques et applications des principaux sels de nickel.

Revue du Nickel, Jul-Set. de 1949, vol. XV, n.º 3, págs. 53-59, 5 figs.

C. D. 620.1

La determinação del coeficiente de seguridad en las distintas obras — *Eng.º Balaca.*

Instituto de la Construccion e del Cemento.

Tábuas e ábacos para determinar o coeficiente de segurança nas obras.

C. D. 621-27

Ressorts en aciers alliés ou en alliages de nickel — *Doyen.*

Revue du Nickel, 1-2-3 de 1951, vol. XVII, n.º 1, págs. 10-23.

C. D. 621.311.22:621.181.5:662.933

La centrale thermique de Pnentes de Garcia Rodriguez dans la Province de Coruña (Espagne).

Revue Technique Sulzer, 1950, n.º 3.

C. D. 621.312 (469)

Aspectos da economia eléctrica portuguesa — *Eng.º Paulo de Barros.*

Revista da Ordem dos Engenheiros, 10-950, n.º 82, pág. 478-489.

C. D. 621.314.015.3

Características de los generadores de sobretensiones para ensayo de transformadores — *P. L. Bellaschi.*

Revista Electrotécnica, 8-950, vol. 36, n.º 8, págs. 300-318.

Acompanhado de discussão por diversos autores.

C. D. 621.314.015.3

Ensayo de choque de transformadores — *H. Aeschlimann.*

R. Electrotécnica, 11-950, vol. 36, n.º 11, pág. 442-447.

C. D. 621.314 65

L'Ignitron — *Ch. Caussin.*

Electricité, 2-951, Ano 35.º, n.º 169, págs. 54-56.

C. D. 621.315 025:51

Métodos exactos de estudio del régimen estacionário de los sistemas de distribución primária e intermedia de la energia eléctrica — *Ing. M. Simonov.*

Revista Electrotécnica, 1-951, vol. 37, n.º 1, págs. 18-33.

C. D. 621.315.051.2.024

High voltage D. C. Power transmission — a Pioneer Project.

Asea Journal, 12-950, vol. 23, n.º 12, págs. 172-174.

C. D. 621.316.7.078

Experimental frequency analysis of servo elements — *A. Garde and E. Persson.*

Asea Journal, 12-950, vol. 23, n.º 12, págs. 163-166.

C. D. 621.316.84

Aplications du métal déployé aux resistences électriques en alliages a base de nickel — *C. Antoni Payn.*

Révue du Nickel, Abril-Junho de 1949, vol. 15, n.º 2, págs. 28-31, 5 figs.

C. D. 621.317

Le laboratoire central des industries électriques a Fontenay-Aux-Roses — *Louis Sartre.*

Électricité, 2-951, Ano 35.º, n.º 169, págs. 33-40.

Aferição de aparelhos de medida. Ensaios de série, contrôle e recepção. Isolantes. Fotometria—Iluminação. Oscilógrafo catódico—Electrónica.

C. D. 621.318.22:669.245

Les aimants permanents et le nickel.

Revue de Nickel, 10-11-12 de 1950, vol. XVI, n.º 4, págs. 19-90.

C. D. 621.327.3

A lâmpada de «arco curto» de mercúrio — *George A. Freeman.*

O Engenheiro Westinghouse, 2-951, n.º 1, págs. 9-10.

C. D. 621.34.004

L'entretien des commandes électro-mécaniques — *J. Polard.*

Electricité, 2-951, Ano 35.°, n.° 169, págs. 45-50.

Necessidade duma conservação do material eléctrico. Fins da conservação do material eléctrico. Operações de conservação mecânica. Medidas de conservação eléctrica. Reparações. O plano de conservação. Conclusão.

C. D. 621.365.2

Les fours à arc — *Ernfrid Dalne.*

Asea-Revue, 5-7-950, Ano 22.°, págs. 19-26.

Descrição de dois tipos de fornos de arco de fabricação Asea.

C. D. 621.365.2.036.65

Régulateur hydro-électrique ultra-rapide pour fours à arc — *A. Garde.*

Asea-Revue, 5-7-950, Ano 22.°, págs. 27-34.

C. D. 621.39.002 (42)

Inaugural Address — *Archibald J. Gill.*

The proceedings of the Inst. of Electrical Eng., 1-951, vol. 98, n.° 109, págs. 1-11.

Recentes realizações no campo das telecomunicações, em Inglaterra.

C. D. 621.396.215/6

El Ruido de Fondo y los Técnicos Generales de Telecommunicaciones, Modulación de Amplitude, Modulación de Frecuencia y Modulación de Impulsos — *Dr. André Blanc Lepierre.*

Revista Electrotécnica, 2-951, vol. 37, n.° 2, págs. 43-50.

C. D. 621.396.8

El factor de ruido. Su medición — *Dr. André Blanc Lepierre.*

Revista Electrotécnica, 1-951, vol. 37, n.° 1, págs. 1-9.

C. D. 621.396.8:519.2

Elementos de matemáticas necessários para el estudio del ruide en radio — *André Blanc Lepierre.*

Revista Electrotécnica, 8-950, vol. 36, n.° 8, págs. 291-299.

Elementos de cálculo das pobabilidades indispensáveis ao estudo estatístico do ruido em rádiotécnia.

C. D. 621.398.1 [625.1]

La télécommande sur le chemin de fer — *J. Walter.*

Electricité, 2-951, Ano 35.°, n.° 169, págs. 41-44.

C. D. 621.43 — 222.2

Cylinder Heads for Sleeve-Valve Aero Engines — *J. Hinde.*

Metallurgia, Jan. 1951, vol. 43, n.° 255, págs. 11-14.

C. D. 621.438 + 621.1 + 621.165

Mechanical Engineering in the Midlands 1925-1950 — *F. Vincent Evenard.*

The Institution of Mechanical Engineeres, 21-6-950,

Refere-se à indústria em Birmingham e distritos à volta. Tem gráficos e grovuras de motores e carros.

C. D. 621.73

Puntos a vigilar cuando se proyectan piezas para torno de «entallar».

Dyna, Nov. de 1950, n.° 11, págs. 400, 2 figs.

É uma transcrição de «Product Engineering», Junio, 1950, págs. 105, 2 figs.

C. D. 621.791.052

Sulla saldabilita degli acciai da construzione ad alta resistenza — *Alberto Nacher.*

La Metalurgia Italiana, 12-950, vol. XLII, n.° 12, págs. 416 a 472.

C. D. 621.791.3

Le brasage électrique par résistance — *R. Gautheret.*

Electricité, 2-951, Ano 35.° n.° 169, págs. 51-53.

Princípio. Tipos de aparelhos. Máquinas de soldar com eléctrodos de cobre. Máquinas de soldar com eléctrodos de grafite.

C. D. 621 791.735

Le materiel Brown Boveri de sondage à l'arc — *H. Hocher.*

Revue Brown Boveri, 7-950, vol. 37, n.° 7, págs. 228-242.

C. D. 621.791.75-52

Le sondage automatique à l'arc dans d'industrie — *A. Smarcan.*

Revue Brown Boveri, 7-951, vol. 37, n.° 7, págs. 248-255.

C. D. 621.825.6

The Propuller Shaft or Hoove's Conpling and the Cardan point — *H. I. F. Evernden.*

The Institution of Mechanical Engineers, 15-10-949.

Desenhos explicativos e deduções matemáticas.

C. D. 621.87

O transporte vertical.

O Engenheiro Westinghouse, 11-951, n.° 1, págs. 2-8.

ESTRUTURA METÁLICA DA FÁBRICA DA "LUSALITE DE MOÇAMBIQUE" NO DONDO (BEIRA), CONSTRUÍDA POR

OMES

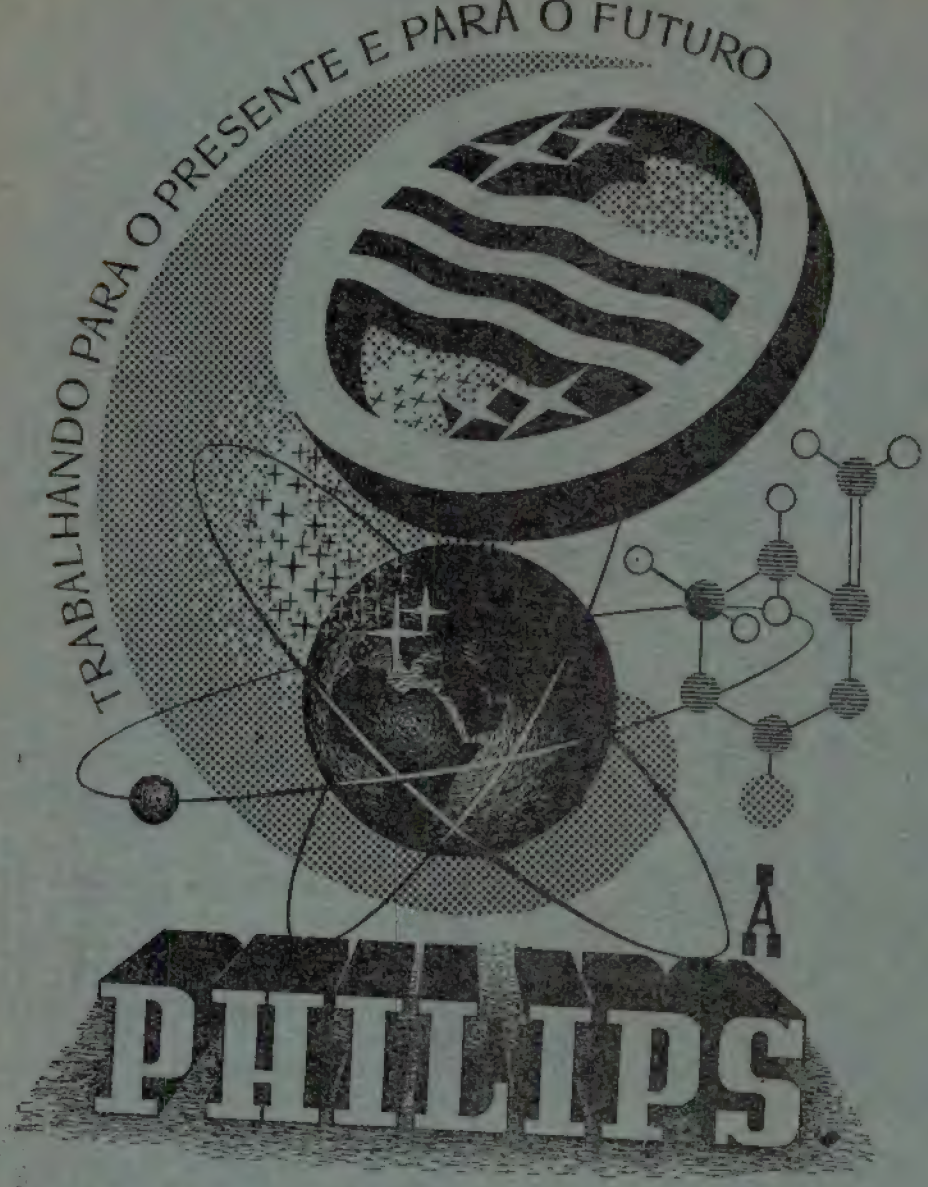
OBRAS METÁLICAS ELECTRO-SOLDADAS, L.DA

SEDE PROVISÓRIA
PRAÇA DO MUNICÍPIO, 32
TELEF. 27371-27372

LISBOA

FÁBRICA
AV. INFANTE D. HENRIQUE
(CABO RUIVO)
TELEF. 39008

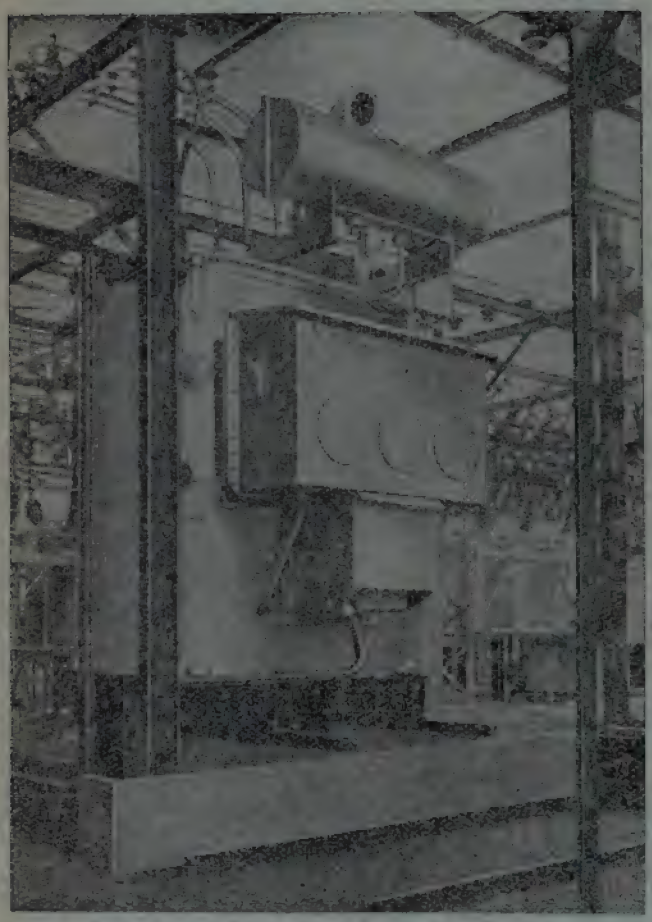
60 ANOS DE PROGRESSO



LÂMPADAS DE ILUMINAÇÃO NORMAIS E ESPECIAIS — LÂMPADAS DE SÓDIO E MERCÚRIO — LÂMPADAS FLUORESCENTES — RECEPTORES E EMISSORES DE T. S. F. — VÁLVULAS DE EMISSÃO E RECEPÇÃO — INSTALAÇÕES AMPLIFICADORAS DE SOM — CINE SONORO — RAIOS X (APARELHAGEM CLÍNICA E INDUSTRIAL) — SOLDADURA ELÉCTRICA: RECTIFICADORES E ELECTRODOS — RECTIFICADORES PARA CARGA DE BATERIAS — FILTROS MAGNÉTICOS PARA ÓLEOS.

GENERAL ELECTRIC

SCHENECTADY, N. Y



Transformador trifásico com regulação da tensão em carga

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidro-eléctricas. Instalações para melhorar o factor de potência. Tracção eléctrica. Máquinas. Transformadores e Eléctrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Condutores eléctricos. Electrificação de fábricas têxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas. Emissores e receptores para T. S. F. Aparelhagem de electro-medicina Instalações de Som.

GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, S. A. R. L.

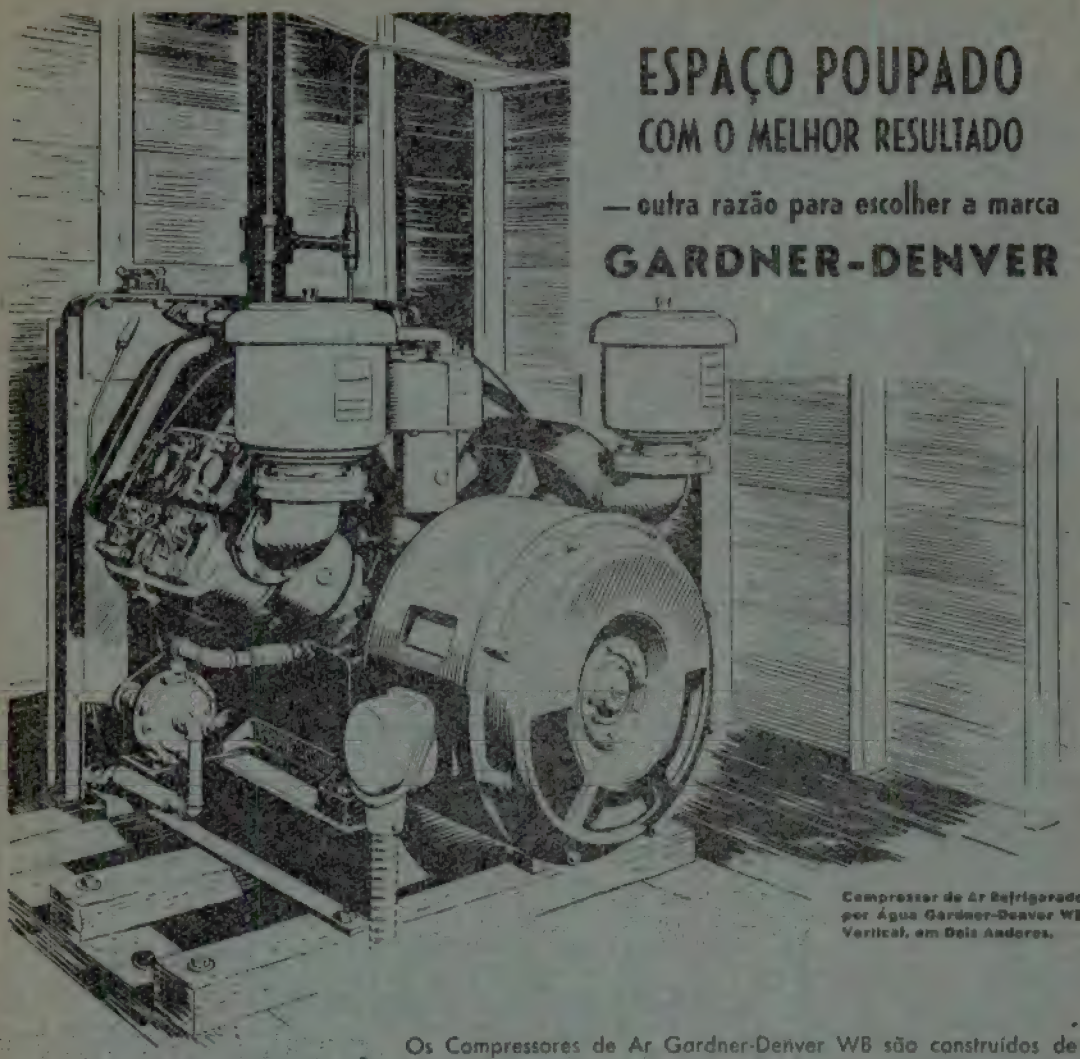
LISBOA — Rua do Norte, 5
Telefones: 2 8135 - 2 8136

PORTO — R. Sá da Bandeira, 585
Telefone 2 5907

ESPAÇO POUPADO
COM O MELHOR RESULTADO

— outra razão para escolher a marca

GARDNER-DENVER



Compressor de Ar Refrigerado por Água Gardner-Denver WB Vertical, em Dois Andares.

Os Compressores de Ar Gardner-Denver WB são construídos de uma forma compacta a fim de poupar precioso espaço – embora forneçam quantidade abundante de ar comprimido a baixo preço.

Eis uma das muitas razões por que V. terá toda a vantagem em incluir nos seus planos futuros as bombas, os compressores, os perfuradores de rocha e outros equipamentos pneumáticos da marca Gardner-Denver.

Peça-nos informações pormenorizadas, ou consulte os nossos representantes. É possível que eles possam fornecer o equipamento Gardner-Denver, que V. precisa, mais depressa do que julga.

REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA PORTUGAL:

CASTOR LAORDEN BESGA

Rua D. Filipa de Vilhena, 6-D, 6-E

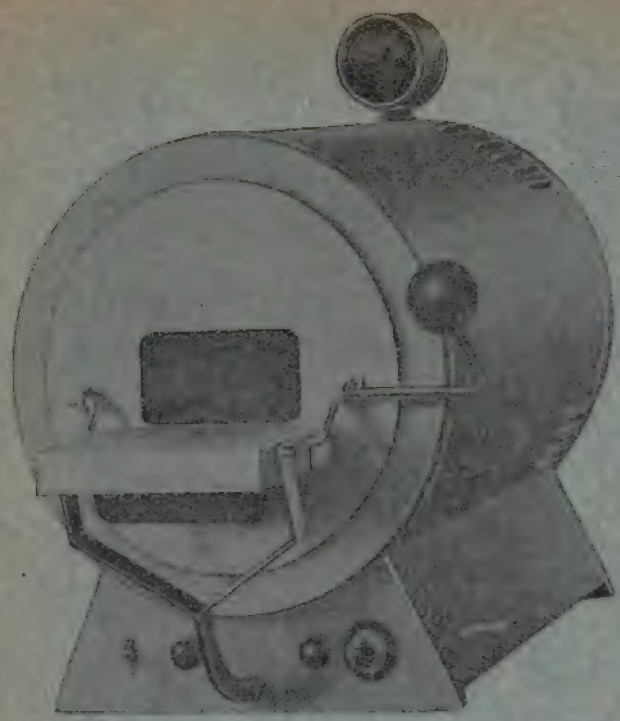
LISBOA

DESDE 1859

GARDNER-DENVER

Gardner-Denver Company, Export Division: 233 Broadway, New York 7, N. Y., U. S. A.
Gardner-Denver Company, Quincy, Illinois, U. S. A.

COMPRESSORES, BOMBAS E PERFURADORES DE ROCHA DE PRIMEIRA QUALIDADE



Heraeus

Fornos de mufla, estufas de vácuo bacteriológicas e em atmosférico

Material de vidro Schott, Pierex e nacional

Porcelana Staatlich - Berlin e nacional

Aparelhos: Potenciómetros, colorímetros, etc.

Fornecimentos completos para Laboratórios.

AURELIANO J. NEVES, L.DA

RUA DA PRATA, 234, 2.º

Telef. 2 8323

FÁBRICA DE PORCELANA DA VISTA ALEGRE, L.DA

Fundada em 1824

POR

José Ferreira Pinto Basto

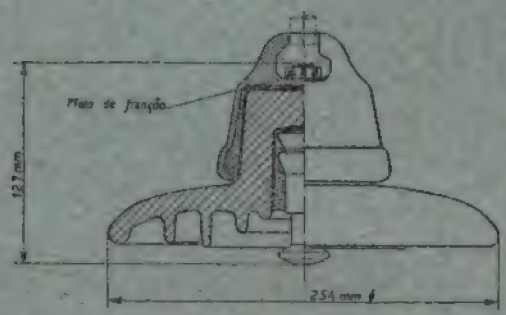
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado:
4,5 kg cada elemento



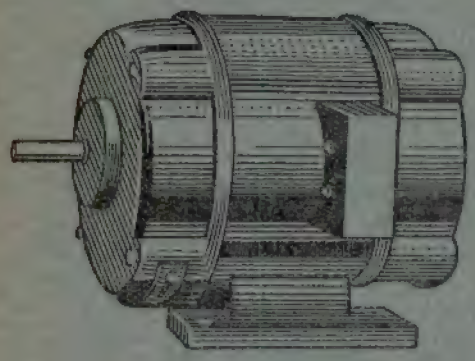
Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Lisboa — Sede: Largo da Biblioteca 17 ——— **Fábrica em Ílhavo — Aveiro**
Depósitos: Lisboa — Largo do Chiado 18 ——— **Rua Cândido Reis, 118 — Porto**

CONZ METZENAUER & JUNG

As grandes marcas alemãs de motores e máquinas eléctricas, material de protecção e termóstatos, transformadores, etc.



SOCIEDADE COMERCIAL
MATTOS TAVARES, L.DA
LISBOA R. dos SAPATEIROS, 39, 2.º
TELEFONES 2 5701-2 5704

"GREY"
Vigas e Ferros T

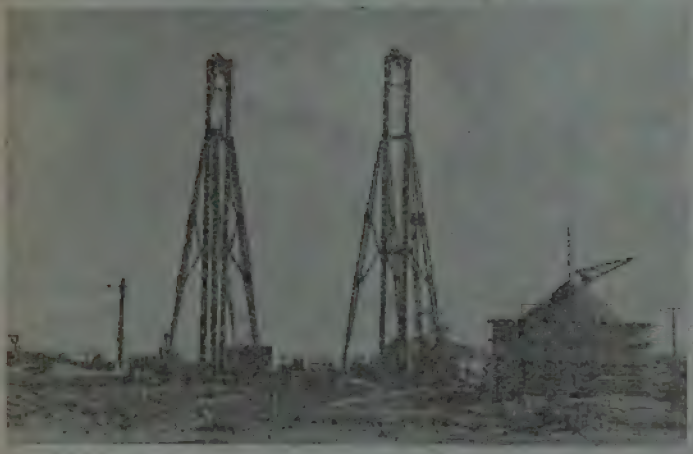
Agentes exclusivos para Portugal e Colónias Portuguesas

NOGUEIRA LIMITADA

LISBOA
107 — R. dos Douradores
Tel. 21381 — 21382 — 30655

PORTO
136 — Rua do Almada
Tel. 27167

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LIMITADA
PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13, 3.º — LISBOA — Telefone 2 2344



Execução de estacas moldadas no terreno para fundação de um Silo Parabólico da C. U. Fabril, no Barreiro

FUNDAÇÕES
BETÃO ARMADO
OBRAS PÚBLICAS

Fábrica Nacional de Condutores Eléctricos, L.da

VENDA NOVA — AMADORA

CONDUTORES ELÉCTRICOS

CEL

Fabricados pela indústria nacional segundo as Normas de segurança das instalações de Baixa Tensão

CONCESSIONÁRIOS GERAIS:

SODIL — Sociedade Distribuidora, L.da

R. NOVA DA TRINDADE, 15-C

LISBOA

APARELHOS DE MEDIDA

CHAUVIN ARNOUX & C.IE

TINTAS E VERNIZES

BITULAC, L.TD

CARVÕES DE ARCO PARA CINEMA
E FOTOGRAVURA

S.TE LE CARBONE LORRAINE

ELECTRODOS E TODOS OS ACESSÓRIOS
PARA SOLDADURA ELÉCTRICA

ARCOS

CONSULTAR:

J. ROMA, L.DA

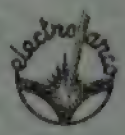
PRAÇA DA FIGUEIRA, 12 — LISBOA

Telefone 3 3133

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING



FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA

LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 63649

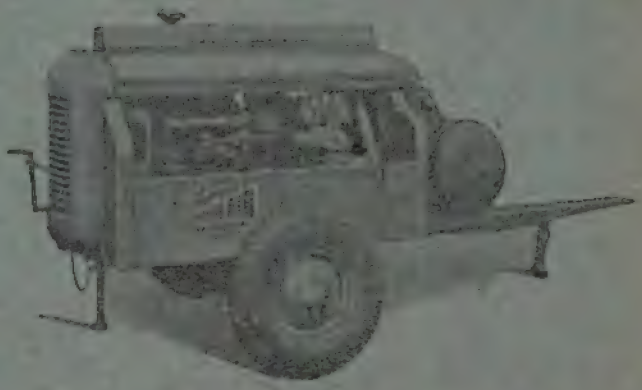
PORTO
RUA GUEDES DE AZEVEDO, 131-TEL 21277

INGERSOLL—RAND, L.DA

Compressores — Material para minas
Ferramentas Pneumáticas
Bombas centrífugas — Guinchos eléctricos e a ar comprimido
Condensadores de vapor — Motores «Diesel»
Equipamentos de refrigeração

Largo do Corpo Santo, 28-2.º
LISBOA

Telef. 2 3212 / 2 9671 Teleg. INGERSOLL



Nas Colónias
METROCOL, LDA.
LUANDA

Para equipamento de garagem
C. SANTOS, LDA.
LISBOA PORTO COIMBRA

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLÍNICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57

Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

Companhia Portuguesa de Fundações e Sondagens, L.da

(FUNSON)

Concessionários das "Patentes François"

Impermeabilização de barragens, depósitos, túneis, etc.

Profundação de poços e perfuração de galerias.

Sondagens a percussão e rotação, captação de águas e furos artesianos.

Estacaria «FRANÇOIS» de betão e injectados.

Análises por métodos geofísicos.

Injecções de argamassa Coloidal «*Colgrout*» e «*Colcret*»

Calçada do Combro, 32-2.° Dt.° — Telef. 21583 - LISBOA

Sociedade Industrial Metalurgica

Responsabilidade Limitada

(REGISTADO)

SERRALHARIAS,

CALDEIRARIA,

FERRARIA,

FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO

Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 26572

FUNDAÇÕES FRANKI

Execução de estacas tubadas em Vila Franca de Xira
(Sociedade Industrial de Vila Franca)

Sociedade Construtora Portuguesa, L.da

P. da Alegria, 20, r/c+Telef. 27456+LISBOA

MÁQUINAS-FERRAMENTAS

Diferenciais eléctricos «**SWF**» de todos os tipos e para todas as aplicações

Bombas centrífugas, compressores e bombas de vácuo «**Klein, Schanzlin** e **Becker**»

Motores a óleos pesados «**SKODA**»

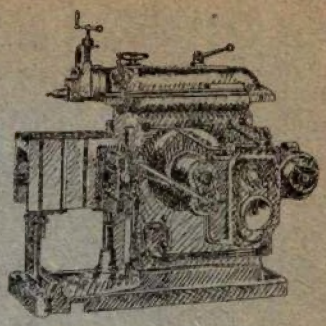
Tractores e debulhadoras «**LANZ**»

Fornos a óleos pesados e eléctricos «**Ruppmann**»

Transportadores aéreos

Máquinas para Caminho de Ferro «**Froriep**»

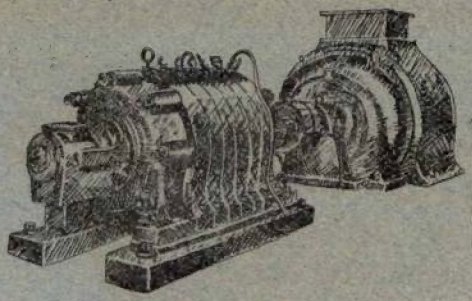
E. C.



Máquinas de soldar, eléctricas e a autogéneo

—

Ferramentas de precisão



Ferramentas eléctricas portáteis

Material para garagens e estações de serviço «**ATI**»

—

Aços finos "Roechling"

O maior depósito de máquinas, novas, do País

MÁQUINAS DE PRECISÃO, L.DA

(Eng.º J. d'Arriaga de Tavares)

RUA DA BOA VISTA, 45-49, 1.º — LISBOA — TEL. 6 6086

Oficina e Laboratórios do

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO de ELECTROTECNICA, fornecem todo o género de material escolar de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA-ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

MÁRMORES

aos melhores preços

Em todas as aplicações

IIII

A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

IIII

Pedidos à

Sociedade dos Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

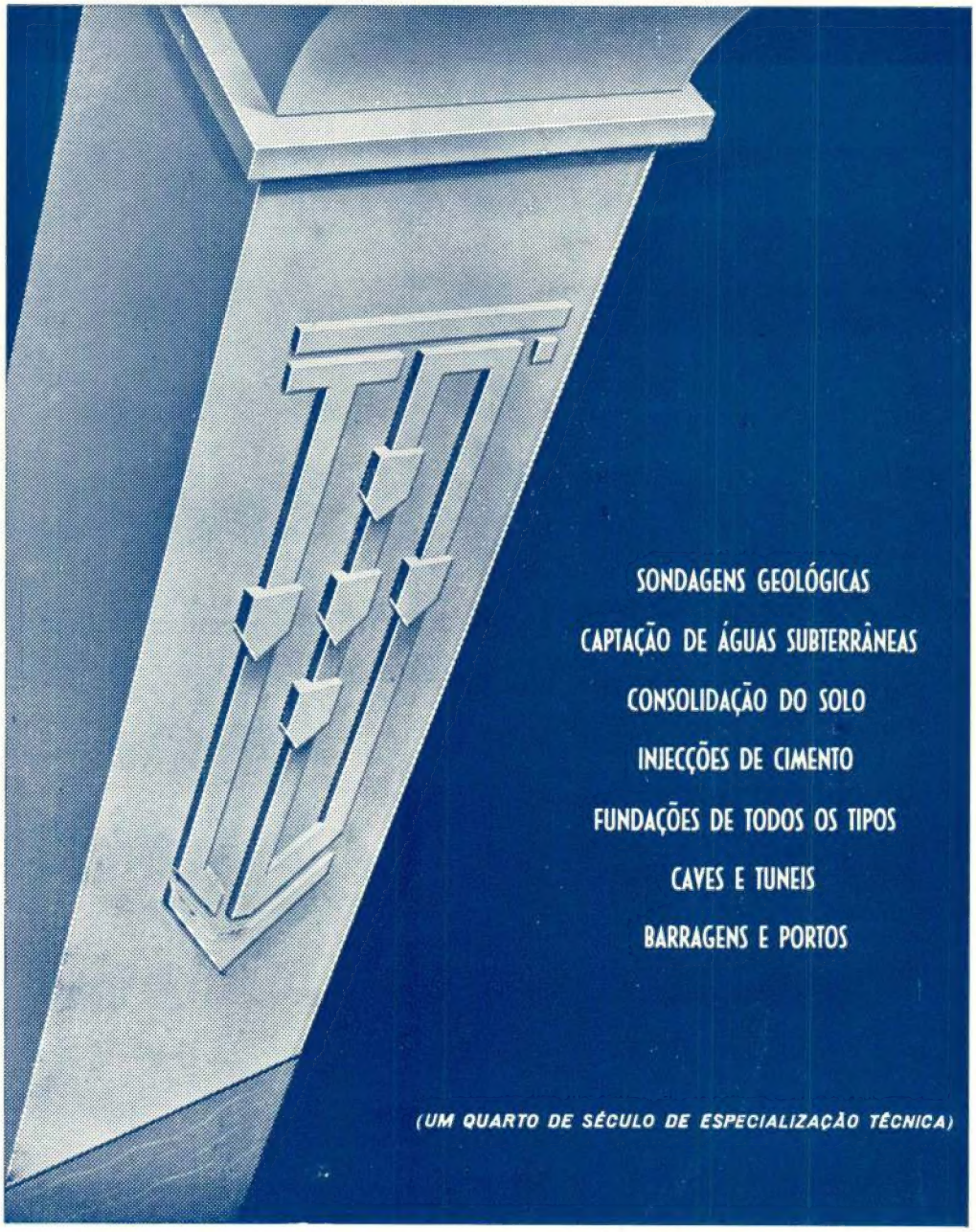
LISBOA

Emprêsa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

RUA DA BETESGA, 57. 3.º
TELEF. 3 2774

LISBOA



SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

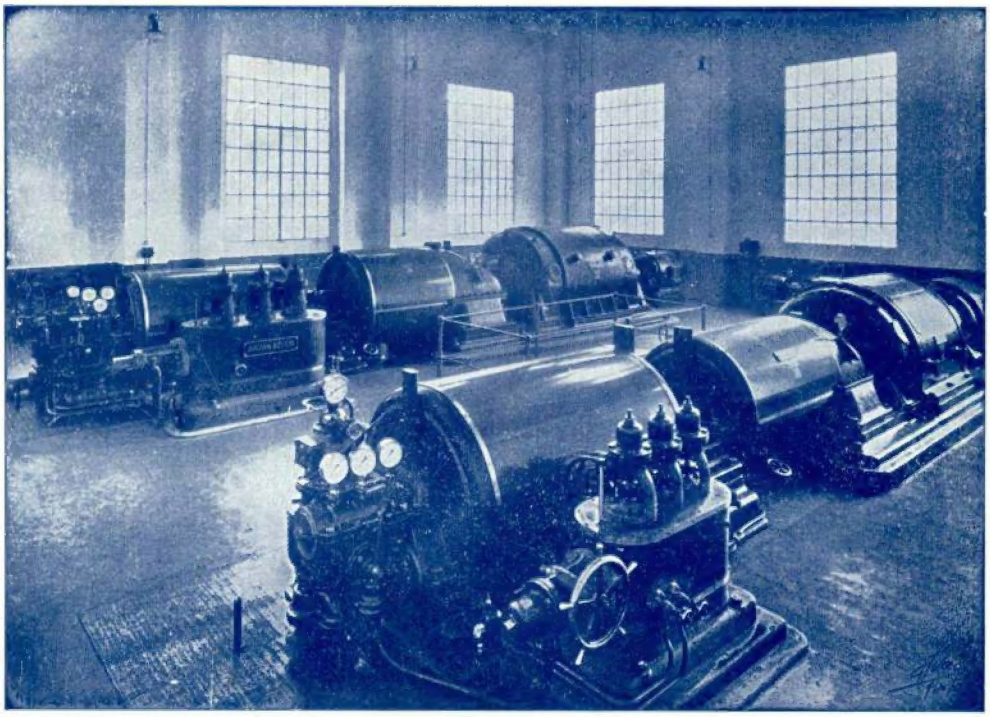
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Praça de D. João I, 25, 3.º Dir. // PORTO // Tel. 2411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, Material de alta frequência, Telegrafia, Telefonia, Telecomando, etc.



S. A. União Eléctrica Portuguesa — Setúbal
Turbo-grupos de 6.400 kW